

И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин

УКРОЩЕНИЕ ЯДРА

**СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ И
ЯДЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СССР**

Саров; Саранск
Типография «Красный Октябрь»
2003

УДК 621.039
ББК 31.4
А 66

Укращение ядра: И.А. Андриюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. – Саров, 2003 г., 481 с.

ISBN 5–7493–0621–6

Научно-информационное издание.

В книге систематизирована открытая информация по различным вопросам истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР. Ее проблематика включает также ряд аспектов развития ядерных взрывных технологий в мирных целях, влияния договорного процесса на развитие ядерного оружия и изложение ряда вопросов развития ядерной энергетики. Значительное внимание уделено первому этапу – созданию ядерного и термоядерного оружия СССР и основ ядерной инфраструктуры. Ряд вопросов рассмотрен в свете развития ядерных программ США, которые стимулировали соответствующие работы в СССР. Излагаются различные проблемы, связанные с развитием ядерных вооружений в последнее время.

В книге использованы материалы «Аналитического центра по проблемам нераспространения» (г. Саров).

Главный редактор: Р.И. Илькаев, академик РАН, директор Российского федерального ядерного центра – ВНИИ экспериментальной физики

ISBN 5–7493–0621–6

© Аналитический центр по проблемам нераспространения, 2003

© Андриюшин И.А., Чернышев А.К., Юдин Ю.А., 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ядерное оружие являлось существенным инструментом СССР и США во взаимном противоборстве после Второй мировой войны с целью установления военно-политической гегемонии и контроля над развитием цивилизации. Идеальный смысл противостояния был выражен в двух концепциях: Pax Americana («американский мир») и коммунистического преобразования мира. Было создано два военно-политических блока, которые со своими сферами влияния охватывали в разное время десятки государств и миллиарды людей. Практически вся планета была втянута в процесс противостояния и подвергнута беспощадной милитаризации. Ядерное оружие явилось олицетворением гигантской военной мощи двух «сверхдержав», и в то же время именно оно вынуждало СССР и США в процессе противостояния действовать сдержано и не допускать возможности прямого столкновения.

С другой стороны, антагонизм противостояния сделал неизбежным процесс поисков достижения решающего военного превосходства и противодействия таким усилиям. Этот процесс был многократно усилен мощной научно-технической революцией XX века и в свою очередь изменил технологическое развитие цивилизации.

В этом ключе нужно рассматривать понятие ядерного паритета в эпоху противостояния, предполагавшее примерное количественное и качественное равенство систем ядерных вооружений, удовлетворявших условию обеспечения возможности гарантированного ответного удара и тем самым обеспечивавших сдерживание агрессии.

Идея превентивного ядерного удара, уничтожающего ядерный арсенал противника, была политически отвергнута и морально осуждена, но она постоянно присутствовала во всех концепциях развития ядерных вооружений. Обе сверхдержавы создали стратегические наступательные вооружения, работали над повышением точности боеголовок, чтобы получить возможность уничтожить СНВ противника, его систему управления и связи.

После распада СССР ядерное противостояние ослабло, и стали говорить о его исчезновении. Так ли это, станет ясно в ближайшем будущем. Безусловным является только то, что происходит фундаментальное изменение ядерной политики.

В России вышло немало книг, посвященных различным вопросам, связанным с созданием и развитием ядерного оружия, ядерных оружейных и ядерных гражданских технологий. В чем состоит особенность данной книги?

Прежде всего, в рамках одной книги предпринята попытка систематизированного изложения истории развития основных элементов ядерного оружия и ядерной инфраструктуры. При этом речь не идет обо всех основных элементах этих систем или обо всех основных исторических этапах. Выбор вопросов для рассмотрения определялся интересами авторов и доступностью открытых материалов. Поскольку авторы работают в ядерном оружейном комплексе, в центре по разработке ядерного оружия, то это неизбежно наложило отпечаток на выбор вопросов и на позиции, с которых эти вопросы рассматриваются.

В книге также рассматривается ряд вопросов, связанных с ядерной энергетикой. Это обусловлено целым рядом причин. Во-первых, ядерная энергетика выросла из ядерной оружейной инфраструктуры, во-вторых, ядерный энергетический комплекс сам по себе содержит элементы ядерной оружейной инфраструктуры и, в-третьих, возможность относительно безопасного существования цивилизации в XXI веке существенно зависит от обеспечения роста производства энергии. Развитие ядерных энергетических технологий тесно связано и с международным режимом нераспространения ядерного оружия, который рассматривается как один из основных факторов обеспечения безопасного развития мира.

Программа создания ядерного оружия высвободила гигантские творческие силы нашего народа, который создал новые разделы науки, отрасли промышленности, технологии. Выполнение задач ядерного оружейного комплекса содействовало общему научно-техническому прогрессу на-

шего государства. Жизнь и работа огромного количества людей была связана с укрощением энергии атомного ядра. Разумеется, в рамках одной книги невозможно дать даже приблизительное представление о масштабе этого явления, но мы считали необходимым хотя бы взглянуть на эту панораму с нескольких позиций.

Развитие ядерного оружия в СССР происходило в тесной взаимосвязи с процессом его развития в США. Часто возникновение тех или иных американских ядерных программ приводило к появлению и развитию аналогичных программ в СССР, известны и обратные случаи. Хотя работы в ядерной оружейной области всегда были скрыты за плотной завесой секретности, развитие ядерных оружейных технологий в СССР и США часто оказывалось поразительно близким. Это говорит о важнейшей роли такого фактора, как внутренняя логика процесса научно-технического развития.

В тех случаях, когда имелась необходимая информация, мы рассматривали развитие близких элементов ядерных программ в СССР и в США. В то же время такое рассмотрение ни в коей степени не претендует на полноту, а анализ «общего и различного» в ядерных программах СССР и США еще ждет проведения специального исследования.

Хотя ядерное оружие и ядерный оружейный комплекс в последние 15 лет подверглись существенному сокращению и изменению, эти системы являются важными факторами обеспечения национальной безопасности и формирования мировой политики. В книге содержится рассмотрение ряда вопросов, связанных с договорным процессом ограничения ядерного оружия, трансформацией ядерного оружейного комплекса СССР в ядерный оружейный комплекс России и изменением ядерной политики на рубеже XXI века.

В задачи данной книги входит, прежде всего, исследование развития научно-технических вопросов такого явления, как ядерное оружие. В то же время, для научно-технического прогресса исключительно велика роль человеческого фактора. В создание ядерного оружия и ядерного оружейного комплекса СССР внесли выдающийся вклад многие замечательные люди нашей страны – ученые, конструкторы, инженеры, организаторы, разведчики, военные и строители. Эта важнейшая сторона осталась в основном за пределами этой книги и ждет своих исследователей.

Появление этой книги было бы невозможно без участия и поддержки многих людей и организаций. Прежде всего авторы выражают благодарность Фонду Джона Д. и Кэтрин Т. МакАртуров (John D. and Catherine T. MacArthur Foundation) и Фонду Плаушерс (Ploughshares Fund), осуществившим финансирование подготовки и издания этой книги.

Мы надеемся, что данное издание послужит развитию новых исследований «ядерного феномена», изменившего нашу страну и всегда игравшего важное значение в ее взлетах и падениях в течение последних шестидесяти лет.

О СТРУКТУРЕ КНИГИ

Книга состоит из хронологии основных событий истории атомной отрасли, восьми глав, глоссария и библиографии.

Хронология включает в себя даты (времена) событий, которые явились важными элементами истории атомной отрасли и охватывают период с 1918 по 2003 год. Отметим, что эта хронология не претендует на полноту и отражает отмеченный в предисловии подход авторов, связанный, в первую очередь, с ядерной оружейной проблематикой.

Глава 1 посвящена некоторым вопросам развития работ по атомному проекту СССР в период с конца 1942 года до середины 1945 года. В ней рассматриваются вопросы, связанные с работой Лаборатории № 2 и информацией, содержащейся в данных, полученных советской разведкой о работах в США по проекту «Манхэттен».

В главе 2 рассмотрена история разработки первых образцов ядерного и термоядерного оружия СССР в период со второй половины 1945 по 1955 год.

В главе 3 рассмотрены основные этапы развития ядерной оружейной программы СССР. При этом основное внимание уделено первым этапам этих работ, а также специальным вопросам, связанным с безопасностью ядерного оружия, поражающими факторами ядерного взрыва, влиянием, которое оказал на ядерную оружейную деятельность мораторий на ядерные испытания. В главе рассмотрены вопросы, связанные со средствами доставки ядерного оружия.

В главе 4 рассмотрены вопросы, связанные с влиянием основных договоров по ограничению ядерных вооружений на структуру ядерного оружия и особенности его разработки. Приведены данные о структуре стратегических ядерных сил к 1991 году и влиянии распада СССР на эту структуру и изменение соотношения стратегических сил. В главе рассмотрены вопросы, связанные с проблемой создания системы противоракетной обороны и ее возможного влияния на баланс стратегических сил.

Глава 5 посвящена вопросам развития ядерных взрывных технологий в мирных целях и связи работ по созданию ядерного оружия с фундаментальными научными исследованиями.

В главе 6 рассмотрены вопросы, относящиеся к созданию и развитию ядерной инфраструктуры СССР, непосредственно связанной с ядерным оружием СССР.

В главе 7 рассмотрены отдельные вопросы, связанные с развитием ядерной энергетики и ее перспективами. Отметим, что приведенные данные ни в коей мере не претендуют на достаточно полное изложение истории развития ядерной энергетики, оценку основных этапов и расстановку приоритетов ее развития.

В главе 8 изложены вопросы, связанные с формированием новой политики в области ядерного оружия и усилением деятельности по обеспечению нераспространения ядерного оружия.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
О СТРУКТУРЕ КНИГИ.....	5
ХРОНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ СОБЫТИЙ ИСТОРИИ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ СССР И РОССИИ.....	7
ГЛАВА 1. ПЕРВЫЕ ШАГИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА. РОЛЬ РАЗВЕДКИ.....	35
ГЛАВА 2. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ОБРАЗЦОВ ЯДЕРНОГО И ТЕРМОЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ.....	67
ГЛАВА 3. РАЗВИТИЕ ЯДЕРНОЙ ОРУЖЕЙНОЙ ПРОГРАММЫ СССР	99
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ СОГЛАШЕНИЙ ОБ ОГРАНИЧЕНИИ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ НА СТРУКТУРУ ЯДЕРНЫХ АРСЕНАЛОВ.....	165
ГЛАВА 5. ПРОГРАММА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ В СССР	229
ГЛАВА 6. РАЗВИТИЕ ЯДЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СССР	291
ГЛАВА 7. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА СССР И РОССИИ.....	349
ГЛАВА 8. ПЕРСПЕКТИВЫ ЯДЕРНОЙ ОРУЖЕЙНОЙ ПОЛИТИКИ. ПРОБЛЕМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ	391
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	461
ГЛОССАРИЙ	467
БИБЛИОГРАФИЯ	477

Хронология основных событий истории атомной отрасли СССР и России

- 24 сентября 1918 года** – Организация в Петрограде Государственного рентгенологического и радиологического института, в состав которого входило физико-техническое отделение во главе с профессором А.Ф. Иоффе.
- 15 декабря 1918 года** – Создание в Петрограде Государственного оптического института (ГОИ) во главе с академиком Д.С. Рождественским.
- конец 1918 года** – Создание в Москве Центральной химической лаборатории, с 1931 года преобразованной в Физико-химический институт во главе с академиком А.Н. Бахом.
- 21 января 1920 года** – Первое заседание Атомной комиссии, в котором принимали участие А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественский, А.Н. Крылов и другие выдающиеся ученые.
- 15 апреля 1921 года** – Создание при Академии Наук Радиевой лаборатории во главе с В.Г. Хлопиным.
- конец 1921 года** – Разработка и внедрение И.Я. Башиловым технологии переработки урановой руды из Тюямуюнского месторождения для получения в заводском масштабе препаратов радия и урана.
- 1 января 1922 года** – Преобразование Государственного рентгенологического и радиологического института в три самостоятельных научно-исследовательских учреждения:
- Рентгенологический и радиологический институт во главе с М.И. Неменовым;
 - Физико-технический институт (ЛФТИ) во главе с А.Ф. Иоффе;
 - Радиевый институт во главе с В.И. Вернадским.
- 1 марта 1923 года** – Принятие постановления Государственного Совета Труда и Оборона о добыче и учете радия.
- 1928 год** – Создание Украинского физико-технического института (УФТИ) в г. Харькове во главе с И.В. Обреимовым.
- 1931 год** – Создание в Ленинграде Института химической физики во главе с Н.Н. Семеновым.
- 1931 год** – Создание на базе Института прикладной минералогии Государственного научно-исследовательского института редких металлов (Гиредмет) во главе В.И. Глебовой.
- 1932 год** – Д.Д. Иваненко выдвинул гипотезу строения ядер из протонов и нейтронов.
- 1933 год** – Создание Комиссии по изучению атомного ядра АН СССР, в состав которой вошли А.Ф. Иоффе (председатель), С.Э. Фриш, И.В. Курчатов, А.И. Лейпунский и А.В. Мысовский.
- 24–30 сентября 1933 года** – Первая Всесоюзная конференция по ядерной физике в Ленинграде.
- 1934 год** – П.А. Черенков открыл новое оптическое явление (излучение Черенкова-Вавилова).
- 1934 год** – Получение А.И. Бродским (Институт физической химии АН УССР) первой тяжелой воды в СССР.
- 28 декабря 1934 года** – Создание Института физических проблем в Москве во главе с П.Л. Капицей.
- 1935 год** – И.В. Курчатов совместно с сотрудниками открыл ядерную изомерию.
- 20–26 сентября 1936 года** – Вторая Всесоюзная конференция по ядерной физике в Москве.
- 1937 год** – Получение в Радиевом институте на первом в Европе циклотроне пучка ускоренных протонов.
- лето 1938 года** – Формулировка директором Радиевого института В.Г. Хлопиным предложений по разработке проблемы атомного ядра в институтах АН СССР в третьей пятилетке.

1–6 октября 1938 года – Третья Всесоюзная конференция по ядерной физике в Ленинграде.

конец 1938 года – Формулировка директором Физического института С.И. Вавиловым предложений по организации работ в институтах АН СССР по исследованию атомного ядра.

25 ноября 1938 года – Постановление Президиума АН СССР по организации работ в АН СССР по исследованию атомного ядра и созданию постоянной Комиссии по атомному ядру при Физико-математическом отделении АН СССР. В состав комиссии вошли С.И. Вавилов (председатель), А.Ф. Иоффе, И.М. Франк, А.И. Алиханов, И.В. Курчатов и В.И. Векслер. В июне 1940 года в состав Комиссии были введены В.Г. Хлопин и И.И. Гуревич.

7 марта 1939 года – Предложение М.Г. Первухина о концентрации исследовательских работ по атомному ядру в Физико-техническом институте в г. Харькове.

15–20 ноября 1939 года – Четвертая Всесоюзная конференция по ядерной физике в г. Харькове.

16–17 апреля 1940 года – Первое Всесоюзное совещание по химии изотопов. На конференции обсуждались планы производства тяжелой воды на Чирчикском электролизном заводе.

май 1940 года – К.А. Петржак и Г.М. Флеров открыли спонтанное деление урана.

12 июля 1940 года – Предложение В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана и В.Г. Хлопина о мерах, необходимых для развития работ по практическому использованию атомной энергии.

июль 1940 года – Предложение А.П. Виноградова об использовании гексафторида урана для разделения изотопов урана.

30 июля 1940 года – Создание Комиссии по проблеме урана для координации и общего руководства научно-исследовательскими работами АН СССР по урановой проблеме. В состав комиссии вошли В.Г. Хлопин (председатель), В.И. Вернадский (заместитель председателя), А.Ф. Иоффе (заместитель председателя), А.Е. Ферсман, С.И. Вавилов, П.П. Лазарев, А.Н. Фрумкин, Л.И. Мандельштам, Г.М. Кржижановский, П.Л. Капица, И.В. Курчатов, Д.И. Щербаков, А.П. Виноградов и Ю.Б. Харитон.

23 августа 1940 года – Предложение А.П. Виноградова о необходимости поисков новых летучих соединений урана (кроме гексафторида UF_6), необходимых для решения проблемы изотопного разделения урана.

29 августа 1940 года – Предложения И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона, Л.И. Русинова и Г.Н. Флерова об использовании энергии деления урана в цепной реакции.

5 сентября 1940 года – Предложения А.Е. Ферсмана о форсировании работ по разведке и добыче урановых руд.

15 октября 1940 года – Комиссия по проблеме урана подготовила план научно-исследовательских и геологоразведочных работ на 1940–1941 годы. Основными задачами являлись:

- исследование возможностей осуществления цепной реакции на природном уране;
- уточнение физических данных, необходимых для оценок развития цепной реакции на уране-235;
- изучение различных методов разделения изотопов и оценка их применимости для разделения изотопов урана;
- изучение возможностей получения летучих органических соединений урана;
- исследование состояния сырьевой базы урана и создание уранового фонда.

30 ноября 1940 года – Доклад А.Е. Ферсмана о результатах поисков месторождений урановых руд в Средней Азии.

конец 1940 года – Предложение Ф.Ф. Ланге, В.А. Маслова и В.С. Шпинеля по центрифужному способу разделения изотопов урана.

- начало 1941 года* – Предложение Ф.Ф. Ланге и В.А. Маслова по развитию центрифужного способа разделения изотопов урана.
- 15 апреля 1941 года* – Постановление СНК СССР о строительстве мощного циклотрона в Москве.
- 22 июня 1941 года* – Нападение гитлеровской Германии на Советский Союз. Начало Великой Отечественной войны.
- октябрь 1941 года* – Получение первой разведывательной информации о работах по урановому проекту в Великобритании.
- лето 1942 года* – Предложение Г.М. Флерова по созданию ядерного взрывного устройства.
- 28 сентября 1942 года* – Распоряжение ГКО «Об организации работ по урану», положившее начало развития работ по атомной энергии в СССР. Распоряжение предписывало создать при АН СССР Специальную лабораторию атомного ядра (Лаборатория №2) для координации работ по атомному проекту.
- 27 ноября 1942 года* – Постановление ГКО «О добыче урана».
- 27 ноября 1942 года* – Докладная записка И.В. Курчатова В.М. Молотову, содержащая анализ разведывательных материалов о развитии атомного проекта в Великобритании и предложение о создании атомного оружия в СССР.
- 15 января 1943 года* – Предложения В.Г. Хлопина об организации работ по атомной проблеме.
- 25 января 1943 года* – И.В. Курчатов и А.И. Алиханов составляют первый план работ Специальной лаборатории на 1943 год.
- 11 февраля 1943 года* – Распоряжение ГКО об организации работ по урану определило руководителями работ по урановой проблеме М.Г. Первухина и С.В. Кафтанова. Научное руководство проблемы было возложено на И.В. Курчатова.
- 10 марта 1943 года* – Назначение И.В. Курчатова начальником Лаборатории № 2 АН СССР (ныне РНЦ «Курчатовский институт», г. Москва), научного центра атомного проекта.
- 1943 год* – Систематический анализ И.В. Курчатовым разведывательных материалов НКВД СССР по развитию атомных проектов в США и Великобритании и выработка им предложений М.Г. Первухину о развитии работ по атомному проекту в СССР.
- 30 июля 1943 года* – Распоряжение ГКО об организации геологоразведочных работ и добыче урана.
- 19 марта 1944 года* – Формулировка И.В. Курчатовым технических требований к химической чистоте урановых материалов, поставляемых в Лабораторию №2.
- 15 мая 1944 года* – Начало промышленного производства графитовых деталей высокой чистоты.
- 25 июня 1944 года* – Пуск циклотрона в Лаборатории № 2.
- ноябрь 1944 года* – Начало разработки технологии получения металлического урана.
- 21 ноября 1944 года* – Направление группы советских специалистов в Болгарию для анализа состояния месторождений урановых руд.
- 8 декабря 1944 года* – Решение ГКО о передаче добычи и переработки урановых руд в ведение НКВД СССР и организация для этих целей специального управления.
- конец 1944 года* – Создание в системе НКВД НИИ-9 (ныне ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, г. Москва) для разработки технологий получения металлического урана, его специальных соединений и металлического плутония (директор В.Б. Шевченко).

- 27 января 1945 года** – Постановление ГКО о проведении переговоров с правительством Болгарии о создании советско-болгарского акционерного общества для разведки и добычи урановых руд.
- 9 мая 1945 года** – Направление в Германию группы советских специалистов во главе с А.П. Завенягиным для поиска и приемки материалов по урановой проблеме в Германии. Основным результатом деятельности группы состоял в обнаружении и вывозе в СССР около ста тонн урановых концентратов.
- 15 мая 1945 года** – Постановление ГКО о создании Горно-химического комбината № 6 (Ленинбадский горнометаллургический комбинат) по добыче и переработке урановых руд Средней Азии (директор – Б.Н. Чирков).
- 16 июля 1945 года** – Первое испытание атомной бомбы в США.
- 6 августа 1945 года** – Первое военное применение атомной бомбы Соединенными Штатами Америки. Сброс авиабомбы на японский город Хиросиму.
- 20 августа 1945 года** – Постановлением ГКО был создан Специальный комитет при ГКО для руководства всеми работами по использованию атомной энергии. Председатель – Л.П. Берия, члены Специального комитета – Г.М. Маленков, Н.А. Вознесенский, Б.Л. Ванников, А.П. Завенягин, И.В. Курчатov, П.Л. Капица, М.Г. Первухин и В.А. Махнев. При Специальном комитете был создан Технический совет. Председатель – Б.Л. Ванников, члены Технического совета – А.И. Алиханов, И.Н. Вознесенский, А.П. Завенягин, А.Ф. Иоффе, П.Л. Капица, И.К. Кикоин, И.В. Курчатov, В.А. Махнев, Ю.Б. Харитон и В.Г. Хлопин. При Техническом совете были созданы: Комиссия по электромагнитному разделению урана (руководитель – А.Ф. Иоффе), Комиссия по получению тяжелой воды (руководитель – П.Л. Капица), Комиссия по изучению плутония (руководитель – В.Г. Хлопин), Комиссия по химико-аналитическим исследованиям (руководитель – А.П. Виноградов), Секция по охране труда (руководитель – В.В. Парин).
- 30 августа 1945 года** – Решением СНК СССР было образовано Первое главное управление (ПГУ) при СНК СССР. Начальник ПГУ – Б.Л. Ванников, заместители начальника – А.П. Завенягин, П.Я. Антропов, Н.А. Борисов, А.Г. Касаткин и П.Я. Мешик, члены коллегии ПГУ – А.Н. Комаровский, Г.П. Корсаков и С.Е. Егоров.
- 30 августа 1945 года** – Постановление ГКО о передаче в ПГУ завода №12 (ныне ОАО «Машиностроительный завод», г. Электросталь) для изготовления урановых блоков и металлического урана (директор – С.А. Невструев).
- 4 сентября 1945 года** – Решение ГКО о передаче в ПГУ ГСПИ-11 (ныне ВПО ВНИПИЭТ, г. Санкт-Петербург) – головной проектной организации (директор – А.И. Гутov).
- 4 сентября 1945 года** – Решение ГКО об организации производства тяжелой воды.
- 14 сентября 1945 года** – Постановление СНК СССР о передаче в ПГУ завода №48 (ныне Машиностроительный завод «Молния», г. Москва) для производства специального оборудования (директор – П.А. Растегаев).
- сентябрь 1945 года** – Начало совместных работ по разведке урановых месторождений и добыче урана в Восточной Германии
- 8 октября 1945 года** – Решение Технического совета Специального комитета о создании Лаборатории № 3 (ныне ИТЭФ, г. Москва) по разработке реакторов на тяжелой воде (директор – А.И. Алиханов).
- 17 октября 1945 года** – Соглашение с правительством Болгарии по разведке и добыче урановых руд
- 23 ноября 1945 года** – Договор с Чехословакией о добыче и поставках урановой руды из Яхимовского месторождения.

1 декабря 1945 года – Решением СНК СССР был создан комбинат № 817 (ныне химический комбинат «Маяк», г. Озерск). В состав комбината вошли объект «А» – промышленный реактор, завод «Б» – радиохимический завод, завод «В» – металлургический завод по производству (директоры комбината № 817 – П.Т. Быстров, Е.П. Славский и Б.Г. Мурзуков; научный руководитель – И.В. Курчатов; главный конструктор – Н.А. Доллежал).

1 декабря 1945 года – Решением СНК СССР был создан комбинат № 813 (ныне Уральский электромеханический завод, г. Новоуральск) для разделения изотопов урана газодиффузионным методом (директор комбината № 813 – А.И. Чурин, научный руководитель – И.К. Кикоин, главный конструктор – И.Н. Вознесенский).

10 декабря 1945 года – Постановление СНК СССР об организации Инженерно-технического совета при Специальном Комитете во главе с М.Г. Первухиным. В составе совета действовало шесть секций:

- первая секция по проектированию и сооружению заводов плутониевого комбината № 817 (М.Г. Первухин, И.В. Курчатов);
- вторая секция по проектированию и сооружению заводов комбината № 813 по газодиффузионному разделению изотопов урана (В.А. Малышев, И.К. Кикоин);
- третья секция по проектированию и сооружению установок завода № 814 по разделению изотопов урана электромагнитным методом (Г.В. Алексенко, Л.А. Арцимович);
- четвертая секция по проектированию установок по выделению изотопов (А.В. Касаткин, М.О. Корнфельд);
- пятая секция по проектированию и сооружению горнометаллургических предприятий (А.П. Завенягин, Н.Ф. Правдюк);
- шестая секция приборостроения (Н.А. Борисов).

17 декабря 1945 года – Постановление СНК СССР о создании Лаборатории № 4 ПГУ по разработке технологии разделения изотопов урана центрифужным методом (начальник – Ф.Ф. Ланге).

19 декабря 1945 года – Постановление СНК СССР об организации в составе НКВД Лаборатории «В» (ныне РНЯЦ ФЭИ, г. Обнинск) для разработки новых типов реакторов (директор – Л.С. Буянов).

27 декабря 1945 года – Постановление СНК СССР о создании ОКБ «Электросила» (ныне НПО «Электрофизика», г. Санкт-Петербург) для создания оборудования для электромагнитного разделения изотопов (начальник – Д.В. Ефремов, научный руководитель – Л.А. Арцимович).

27 декабря 1945 года – Решение СНК СССР об организации ОКБ ЛКЗ (Ленинградский Кировский завод) и ОКБ ГМЗ (Горьковский машиностроительный завод) для создания установок по газодиффузионному разделению урана (главный конструктор ОКБ ЛКЗ – С.А. Аркин, главный конструктор ОКБ ГМЗ – А.И. Савин).

конец 1945 года – Доставка на завод № 12 из Германии ста тонн уранового сырья.

28 января 1946 года – Постановление СНК СССР о создании ОКБ «Гидропресс» (г. Подольск) для разработки ядерных реакторов (начальник – Б.М. Шолкович)

29 января 1946 года – Решение Генеральной Ассамблеи ООН о создании Комиссии ООН по атомной энергии.

март 1946 года – Начало разработки двух вариантов промышленных реакторов (главный конструктор вертикальной схемы реактора – Н.А. Доллежал, главный конструктор горизонтальной схемы реактора – Б.М. Шолкович).

21 марта 1946 года – Постановление СМ СССР об установлении специальных премий за научные открытия и технические достижения по использованию атомной энергии.

- 9 апреля 1946 года** – Постановление Правительства СССР о создании КБ-11 (г. Арзамас-16, ныне РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров), центра по разработке атомного оружия (директор – П.М. Зернов, главный конструктор и научный руководитель – Ю.Б. Харитон).
- 9 апреля 1946 года** – Постановление Правительства СССР об объединении Технического совета и Инженерно-технического совета Специального комитета в Научно-технический совет ПГУ.
- 15 апреля 1946 года** – Первое заседание Научно-технического совета ПГУ (председатель – Б.Л. Ванников, члены совета – И.В. Курчатов, А.И. Лейпунский, М.Г. Первухин, Б.С. Поздняков, Н.Н. Семенов, Ю.Б. Харитон, В.Г. Хлопин, А.И. Алиханов и А.Ф. Иоффе).
- апрель 1946 года** – Постановление Правительства СССР о создании в Институте химической физики средств диагностики ядерного взрыва (научный руководитель работ – М.А. Садовский).
- 24 апреля 1946 года** – Постановление СМ СССР о передаче в ПГУ Подольского опытного завода (ныне НПО «Луч»).
- 19 июня 1946 года** – Советский Союз внес в Комиссию ООН по атомной энергии предложения о международной конвенции «О запрещении производства и применения атомного оружия».
- 21 июня 1946 года** – Постановление СМ СССР о плане развертывания работ КБ-11 по созданию двух вариантов атомной бомбы на основе плутония и урана-235. Постановление предписывало разработать и предъявить на Государственные испытания авиабомбу на основе плутония к 1 марта 1948 года, а авиабомбу на основе урана-235 к 1 января 1949 года.
- 1 июля 1946 года** – Ю.Б. Харитон подготовил тактико-техническое задание на атомную бомбу.
- 27 июля 1946 года** – Постановление СМ СССР об организации в составе ПГУ горно-химического комбината № 7 (ныне ГАО «Силмет») по промышленному освоению прибалтийских урансодержащих сланцев.
- 9 декабря 1946 года** – Передача в ПГУ завода № 544 (ныне ГП «Чепецкий механический завод», г. Глазов), перепрофилированного для производства металлического урана.
- 16 декабря 1946 года** – Создание Радиационной лаборатории (ныне Институт биофизики, г. Пуцино) для изучения воздействия радиации на человека (руководитель – Г.М. Франк).
- 16 декабря 1946 года** – Ученый секретарь ПГУ Б.С. Поздняков сформулировал предложения о путях использования атомной энергии в мирных целях.
- 25 декабря 1946 года** – Пуск первого ядерного реактора Ф-1 в Лаборатории № 2.
- 1946 год** – Создание в Радиовом институте технологии по переработке облученного реакторного топлива и выделению из него плутония (научный руководитель В.Г. Хлопин).
- 21 апреля 1947 года** – Постановление Правительства СССР о создании полигона (Горная станция, Учебный полигон № 2, Семипалатинский испытательный полигон) для испытания атомной бомбы (начальник полигона – П.М. Рожанович, научный руководитель – М.А. Садовский).
- 6 июня 1947 года** – Постановление Правительства СССР о создании завода № 418 (г. Свердловск-45, ныне завод «Электрохимприбор», г. Лесной) по электромагнитному разделению изотопов (директор завода – Д.Е. Васильев, научный руководитель – Л.А. Арцимович).
- 19 июня 1947 года** – Постановление СМ СССР о развертывании в КБ-11 работ по разработке атомной бомбы и создании при Лаборатории № 2 Научно-технического совета для обсуждения связанных с этим вопросов. В состав совета вошли: председатель – И.В. Курчатов; заместитель председателя – Ю.Б. Харитон; члены совета: Н.Н. Семенов, К.И. Щёлкин, А.С. Александров и П.М. Зернов; эксперты совета: А.П. Александров, И.К. Кикоин, Я.Б. Зельдович, А.А. Бочвар, А.С. Займовский, Б.А. Никитин и К.В. Селихов.

август 1947 года – Решение Правительства СССР о создании специального управления Министерства здравоохранения СССР для организации медицинского обслуживания работников атомной промышленности (начальник – А.И. Бурназян).

август 1947 года – Постановление Правительства СССР о создании полигона № 71 ВВС для летной отработки макетов атомных бомб.

14 августа 1947 года – Постановление СМ СССР о строительстве на Украине завода № 906 (ныне ГП «Приднепровский химический завод») для переработки урановых руд Первомайского и Желтореченского месторождений.

15 сентября 1947 года – Соглашение с правительством Польши по разведке и добыче урановых руд.

1947 год – Начало формирования подразделений КБ-11.

8 февраля 1948 года – Решение Правительства СССР о создании второго проектного института атомной отрасли ГСПИ-12 (директор – Ф.З. Ширяев).

10 июня 1948 года – Постановление СМ СССР о дополнении плана работ КБ-11. Это Постановление обязывало КБ-11 произвести до 1 января 1949 года теоретическую и экспериментальную проверку данных по возможности создания новых типов атомных бомб:

- РДС-3 – атомная бомба на принципе имплозии «сплошной» конструкции с использованием комбинации материалов Ри-239 и U-235;
- РДС-4 – атомная бомба на принципе имплозии усовершенствованной конструкции с использованием Ри-239;
- РДС-5 – атомная бомба на принципе имплозии усовершенствованной конструкции с использованием комбинации материалов Ри-239 и U-235.

После отказа от создания атомной бомбы пушечного типа РДС-2 на основе U-235 индексы этих ядерных зарядов были изменены. Это же постановление обязало КБ-11 к 1 июня 1949 года провести теоретическую и экспериментальную проверку данных о возможности создания водородной бомбы РДС-6.

10 июня 1948 года – Постановление СМ СССР «Об укреплении КБ-11 руководящими конструкторскими кадрами» утвердило К.И. Щёлкина первым заместителем главного конструктора, В.И. Алферова и Н.Л. Духова – заместителями главного конструктора.

15 июня 1948 года – Промышленный реактор – объект «А» комбината № 817 – выведен на проектную мощность.

15 августа 1948 года – Постановление СМ СССР о разработке вопросов по возможностям создания средств противодействия ядерному оружию на основе использования потоков нейтральных и заряженных частиц высоких энергий (Институт химической физики, Физический институт, Лаборатория № 2).

28 сентября 1948 года – Постановление СМ СССР о строительстве в г. Новосибирске завода по металлургии и металлообработке урана (ныне Новосибирский завод химконцентратов).

4 октября 1948 года – Постановление СМ СССР по созданию Усть-Каменогорского цинкового завода.

ноябрь 1948 года – Предложение А.И. Лейпунского о разработке реакторов на быстрых нейтронах.

22 декабря 1948 года – Пуск радиохимического завода «Б» комбината № 817.

конец 1948 года – На комбинате № 813 получена пробная партия высокообогащенного урана (75% изотопа уран-235).

конец 1948 года – Ввод в эксплуатацию завода № 418 по электромагнитному разделению изотопов.

- 26 февраля 1949 года** – Доставка на опытно-промышленное производство завода «В» первого плутония, выделенного на заводе «Б» комбината № 817.
- 3 марта 1949 года** – Постановление Правительства СССР о создании первого серийного завода по производству атомного оружия (ныне ЭМЗ «Авангард», г. Саров)
- апрель 1949 года** – Начало процесса изготовления деталей из сплава плутония на заводе «В» комбината № 817 по технологии НИИ-9 (научные руководители работ – А.С. Займовский и А.А. Бочвар).
- 11 апреля 1949 года** – Создание в КБ-11 специальной группы по подготовке испытания первой атомной бомбы РДС-1.
- апрель 1949 года** – Запуск первого исследовательского реактора на природном уране и тяжелой воде (Теплотехническая лаборатория АН СССР, ИТЭФ).
- июнь 1949 года** – Промышленное получение высокообогащенного урана (75% изотопа уран-235) на комбинате № 813.
- 26 июля 1949 года** – Завершение подготовки полигона к испытанию атомной бомбы РДС-1.
- 27 июля 1949 года** – Начало работы Правительственной комиссии на полигоне (председатель – М.Г. Первухин).
- 8 августа 1949 года** – Поставка в КБ-11 деталей из плутония для первой атомной бомбы, изготовленных на заводе «В» комбината № 817.
- 22 августа 1949 года** – Генеральная репетиция испытания первой атомной бомбы на полигоне.
- 26 августа 1949 года** – Решение Специального Комитета о проведении испытания атомной бомбы РДС-1.
- 29 августа 1949 года** – Испытание первой атомной бомбы РДС-1 (7 часов утра местного времени, 4 часа утра московского времени).
- осень 1949 года** – Начало строительства комбината № 816 для производства оружейного плутония и высокообогащенного урана в г. Томске-7 (ныне Сибирский химический комбинат, г. Северск).
- 28 октября 1949 года** – Л.П. Берия доложил И.В. Сталину о результатах испытания первой атомной бомбы.
- 29 октября 1949 года** – Постановление СМ СССР и Указы Президиума Верховного Совета СССР о награждениях и премировании за выдающиеся научные открытия и технические достижения по использованию атомной энергии предусматривали присуждение Сталинских Премий различных категорий и награждение орденами СССР большого коллектива специалистов, внесших определяющий вклад в решение проблемы создания первой советской атомной бомбы.
- 27 декабря 1949 года** – Постановление СМ СССР об образовании на базе Горнометаллургического управления ПГУ Второго главного управления при СМ СССР для концентрации работ по добыче и переработке урановых руд (руководитель – П.Я. Антропов).
- 14 февраля 1950 года** – Постановление правительства СССР о выделении в КБ-11 завода № 551 по серийному производству атомных бомб (директор – В.В. Дубицкий).
- 26 февраля 1950 года** – Постановление правительства СССР о создании комбината № 815 для производства оружейного плутония в г. Красноярске-26 (ныне Красноярский горно-химический комбинат, г. Железногорск).
- 16 мая 1950 года** – Постановление правительства СССР о строительстве в Лаборатории «В» (г. Обнинск) атомной электростанции – первый практический проект использования атомной

энергии для производства электричества. Научный руководитель проекта – И.В. Курчатов, главный конструктор – Н.А. Доллежалъ.

1 июля 1950 года – Постановление правительства СССР о создании Института № 5 в г. Сухуми (Сухумский физико-технический институт, директор – А.И. Коглашвили).

29 июля 1950 года – Создание в ПГУ Специального отдела для руководства работами по использованию атомной энергии в мирных целях во главе с Б.С. Поздняковым.

29 июля 1950 года – Постановление правительства СССР о создании Рудоуправления № 10 (ныне ПО «Алмаз») в г. Лермонтове (директор – И.М. Алексеев).

24 октября 1950 года – Постановление правительства СССР о строительстве Киргизского горно-рудного комбината № 11 (ныне ПО «Южный полиметаллический комбинат») в г. Фрунзе (директор – Н.В. Волохов).

1950 год – Предложение И.Е. Тамма, А.Д. Сахарова, О.А. Лаврентьева об использовании магнитного поля для термоизоляции горячей плазмы от стенок установки термоядерного реактора.

1950 год – Принятие на вооружение первой баллистической ракеты Р-1 (SS-1a Scunner). Испытание второй баллистической ракеты Р-2 (SS-2 Sibling).

3 февраля 1951 года – Создание Третьего главного управления при СМ СССР для развития науки и техники по созданию ракет и самолетов-носителей ядерного оружия (руководитель – В.М. Рябиков).

1951 год – Пуск на комбинате № 817 опытного реактора «АИ» для наработки трития.

17 апреля 1951 года – Постановление правительства СССР о создании в ВГУ Государственного специального проектного института (ГСПИ-14, ПромНИИПроект) для проектирования горно-рудных и металлургических предприятий (начальник – Б.И. Нифонтов).

17 апреля 1951 года – Создание на базе Гиредмета НИИ № 10 (ныне ВНИИ химической технологии, г. Москва) для исследования месторождений радиоактивных руд, разработки технологических схем их обогащения и гидрометаллургической переработки.

5 мая 1951 года – Решение правительства СССР об организации работ по выяснению возможности получения самоподдерживающейся термоядерной реакции.

24 июля 1951 года – Постановление правительства СССР о создании комбината № 9 (Восточный горно-обогатительный комбинат, г. Желтые Воды) на базе украинских рудников (директор – М.Н. Бондаренко).

1951 год – Пуск на комбинате № 817 первого промышленного тяжеловодного реактора (научный руководитель – А.И. Алиханов).

18 октября 1951 года – Проведено первое ядерное испытание со сбросом ядерной бомбы РДС-3 с самолета.

24 января 1952 года – Постановление правительства СССР о создании завода № 933 (г. Златоуст-36, ныне ПО Приборостроительный завод, г. Трехгорный) для производства ядерного оружия (директор – К.А. Володин).

19 апреля 1952 года – Постановление правительства СССР о создании Центрального конструкторского бюро № 1 (НИИ приборостроения) для разработки дозиметрической аппаратуры (директор – С.В. Мамиконян).

12 июня 1952 года – Предложение руководства ПГУ по проектированию атомной подводной лодки с торпедами Т-15, оснащенными термоядерным зарядом.

3 октября 1952 года – Начало ядерных испытаний в Великобритании.

- 31 октября 1952 года** – Соединенные Штаты испытали мощное двухстадийное термоядерное устройство с жидким дейтерием.
- 25 ноября 1952 года** – Постановление правительства СССР по плану работ над атомной подводной лодкой (Проект-627). Научный руководитель – А.П. Александров, главный конструктор подводной лодки – В.Н. Перегудов, главный конструктор ядерного реактора – Н.А. Доллежал.
- 16 марта 1953 года** – Постановление правительства СССР об объединении ПГУ и ВГУ в Первое главное управление во главе с А.П. Завенягиным.
- 26 июня 1953 года** – Решение Президиума ЦК КПСС о ликвидации Специального комитета. Создание Министерства среднего машиностроения (МСМ) СССР во главе с В.А. Малышевым.
- 1 июля 1953 года** – Постановление правительства СССР о передаче Первого главного управления (А.П. Завенягин) и Третьего главного управления (В.М. Рябиков) в Министерство среднего машиностроения СССР.
- 12 августа 1953 года** – Испытание первой советской одностадийной термоядерной бомбы РДС-6с.
- 4 ноября 1953 года** – Распоряжение правительства СССР по передаче в МСМ СССР Усть-Каменогорского химико-металлургического завода для производства цветных металлов для ядерной индустрии.
- 20 ноября 1953 года** – Постановление правительства о проектировании и строительстве первого атомного ледокола. Научные руководители – И.В. Курчатов, А.П. Александров.
- 28 февраля 1954 года** – Первое испытание в США мощного двухстадийного термоядерного заряда с дейтеридом лития.
- 10 марта 1954 года** – Начато строительство комбината № 820 (ныне Ангарский электролизный химический комбинат, г. Ангарск) для переработки природного урана (директор – В.Ф. Новокишенов).
- 10 апреля 1954 года** – Постановление правительства о создании баллистической ракеты средней дальности Р-5М (SS-3 Shyster) с ядерным боевым оснащением.
- 5 мая 1954 года** – Создание в Москве филиала № 1 КБ-11 на базе ОКБ-25 (ныне ВНИИА) для разработки ядерных боеприпасов (руководитель – Н.Л. Духов).
- 20 мая 1954 года** – Постановление правительства о создании первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 (SS-6 Sapwood).
- 27 июня 1954 года** – Пуск в г. Обнинске первой в мире атомной электростанции.
- 20 июля 1954 года** – Постановление правительства СССР о строительстве приборного завода № 1134 (Пензенский приборостроительный завод, г. Пенза-19, ныне ПО «Старт», г. Заречный) для производства элементов атомного оружия (директор – М.В. Проценко).
- 31 июля 1954 года** – Постановление правительства СССР о создании НИИ-1011 – второго ядерного центра СССР (г. Челябинск-70, ныне РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск). Директор – Д.Е. Васильев, научный руководитель – К.И. Щёлкин.
- 31 июля 1954 года** – Решение правительства СССР о создании на архипелаге Новая Земля Северного испытательного полигона (руководитель работ – Е.Н. Барковский).
- 14 сентября 1954 года** – Проведение войсковых учений с реальным взрывом ядерной бомбы в районе г. Тоцк Оренбургской области (руководитель учений – Г.К. Жуков).
- 14 октября 1954 года** – Распоряжение правительства СССР о создании на базе комбината № 6 Западного горно-обогательного комбината (директор – А.Е. Степанец).

1954 год – Создание Войск противовоздушной обороны СССР.

февраль 1955 года – Создание в МСМ Научно-технического совета по противоракетной обороне.

февраль 1955 года – Начало летных испытаний первой морской баллистической ракеты Р-11ФМ на ракетном испытательном полигоне Капустин Яр.

25 февраля 1955 года – Министром среднего машиностроения назначен А.П. Завенягин.

8 марта 1955 года – Пуск в Лаборатории «В» ядерного реактора для первой атомной подводной лодки.

14 марта 1955 года – Постановление правительства СССР о передаче Главпромстроя из МВД СССР в МСМ СССР (начальник – А.Н. Комаровский).

4 апреля 1955 года – Постановление правительства СССР о передаче в МСМ Восьмого управления, обеспечивавшего работу совместных предприятий за рубежом по добыче и переработке урана.

14 апреля 1955 года – Выделение из МСМ организаций, решавших задачи ракетостроения, и создание на их основе Специального комитета по вооружению во главе с В.М. Рябиковым.

4 мая 1955 года – Постановление правительства о строительстве Северо-Казахстанского комбината № 4 в г. Степногорске для добычи урана и других материалов для ядерной индустрии (директор – С.А. Смирнов).

май 1955 года – Советский Союз обратился ко всем ядерным государствам с предложением прекратить ядерные испытания.

13 августа 1955 года – Постановление правительства о создании баллистической ракеты средней дальности Р-12 (SS-4 Sandal).

8–20 августа 1955 года – Первая международная конференция по мирному использованию ядерной энергии в Женеве с участием советских специалистов.

25 августа 1955 года – Постановление правительства о создании новой баллистической ракеты для подводных лодок Р-13 (SS-N-4).

14 ноября 1955 года – Постановление правительства СССР о строительстве завода № 825 по разделению изотопов урана (Красноярск-45, ныне г. Зеленогорск).

22 ноября 1955 года – Первое испытание мощного двухстадийного термоядерного заряда РДС-37 в СССР.

декабрь 1955 года – Пуск в Лаборатории «В» первого экспериментального реактора на быстрых нейтронах (научный руководитель – А.И. Лейпунский).

1955 год – Принятие на вооружение тяжелого межконтинентального бомбардировщика ТУ-95А.

2 февраля 1956 года – Ядерное испытание с пуском баллистической ракеты Р-5М.

17 марта 1956 года – Передача в МСМ СССР Рудоуправления № 16 (Забайкальский горно-обогатительный комбинат) по добыче урана (директор – С.Ф. Жиряков).

26 марта 1956 года – Подписание Соглашения о создании международной научной организации – Объединенного института ядерных исследований – в г. Дубне (директор – Д.И. Блохинцев).

октябрь 1956 года – Принятие Устава МАГАТЭ на международной конференции в Нью-Йорке.

ноябрь 1956 года – Принята программа строительства в СССР атомных электростанций на период до 1960 года.

- 17 декабря 1956 года* – Постановление правительства о создании межконтинентальной баллистической ракеты Р-16 (SS-7 Saddler).
- 1956 год* – Предложение СССР о запрете на размещение в Центральной Европе ядерного оружия.
- 1956 год* – Развертывание первой советской баллистической ракеты средней дальности Р-5М (SS-3 Shyster).
- 25 мая 1957 года* – Создание на базе завода № 551 КБ-11 электромеханического завода «Авангард» для производства элементов ядерного оружия (директор – М.А. Григорьев).
- 30 апреля 1957 года* – Министром среднего машиностроения СССР назначен М.Г. Первухин.
- 24 июля 1957 года* – Министром среднего машиностроения СССР назначен Е.П. Славский.
- 9 августа 1957 года* – Спущена на воду первая атомная подводная лодка «Проекта-627».
- август 1957 года* – Успешное испытание в СССР первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 (SS-6 Sapwood).
- 1957 год* – Испытание второй советской баллистической ракеты средней дальности Р-12 (SS-4 Sandal).
- 29 сентября 1957 года* – Радиоэкологическая авария на комбинате № 817.
- 10 октября 1957 года* – Ядерное испытание боевой торпеды Т-5, запущенной с подводной лодки на Северном испытательном полигоне.
- 5 декабря 1957 года* – Спуск на воду первого атомного ледокола «Ленин».
- 20 февраля 1958 года* – Постановление правительства СССР о строительстве комбината № 2 (г. Навои, Узбекская ССР) по добыче урана. Директор – З.П. Зараптян.
- 20 марта 1958 года* – Постановление правительства о создании нового комплекса БРПЛ Д-4 с ракетой Р-21 (SS-N-5 Sark).
- 31 марта 1958 года* – Объявление Советским Союзом одностороннего моратория на ядерные испытания.
- 28 апреля 1958 года* – Первое испытание мощного двухстадийного термоядерного заряда Великобританией.
- 5 мая 1958 года* – Решение НТС МСМ СССР о переходе к промышленному использованию центробежного метода разделения изотопов.
- 2 июня 1958 года* – Постановление правительства о создании баллистической ракеты средней дальности Р-14 (SS-5 Skean).
- 24 октября 1958 года* – Постановление правительства о передаче в МСМ завода № 752 (Кирово-Чепецкий химический завод) по производству фтористых соединений. Директор – Я.Ф. Терещенко.
- 31 октября – 4 ноября 1958 года* – Начало трехстороннего моратория (СССР, США, Великобритания) на проведение ядерных испытаний.
- 31 октября 1958 года* – Начало трехсторонних переговоров в Женеве о заключении Соглашения о прекращении ядерных испытаний.
- 17 декабря 1958 года* – Принятие в опытную эксплуатацию первой советской атомной подводной лодки.
- 13 мая 1959 года* – Постановление правительства о создании межконтинентальной баллистической ракеты Р-9А (SS-8 Sasin).

- 18 сентября 1959 года** – Предложение Советским Союзом на четырнадцатой сессии Генеральной Ассамблеи ООН Программы о всеобщем и полном разоружении.
- сентябрь 1959 года** – Договоренность между СССР, США, Великобританией и Францией о создании Комитета по разоружению.
- 1 декабря 1959 года** – Открытие к подписанию Договора об Антарктике как о первой, официально признанной, безъядерной зоне.
- конец 1959 года** – Создание в СССР Ракетных войск стратегического назначения.
- 31 декабря 1959 года** – Постановление правительства о принятии атомного ледокола «Ленин» в опытную эксплуатацию.
- 14 января 1960 года** – Н.С. Хрущев официально провозгласил новую военную доктрину СССР, основанную на баллистических ракетах с ядерным оружием, как решающем факторе обеспечения безопасности.
- 11 февраля 1960 года** – США предложили заключить Договор о запрете на проведение ядерных испытаний в атмосфере, космосе и под водой и об ограничении мощности подземных ядерных взрывов.
- 13 февраля 1960 года** – Начало ядерных испытаний Францией.
- март 1960 года** – Начало работы Комитета по разоружению в Женеве.
- 1 мая 1960 года** – Начало кризиса в советско-американских отношениях в связи с инцидентом с американским самолетом-разведчиком У-2, сбитом в воздушном пространстве СССР в районе г. Свердловска.
- 12 сентября 1960 года** – Принята на вооружение первая советская МБР Р-7 (SS-6 Sapwood).
- 24 апреля 1961 года** – Принята на вооружение РСД Р-14 (SS-5 Skean) с наземными ПУ.
- 31 августа 1961 года** – Опубликовано заявление Советского правительства о возобновлении проведения ядерных испытаний с первого сентября.
- 11 октября 1961 года** – На Семипалатинском испытательном полигоне осуществлен первый в СССР подземный ядерный взрыв.
- 13 октября 1961 года** – Принята на вооружение БРПЛ Р-13 (комплекс Д-2, SS-N-4 Sark).
- 20 октября 1961 года** – Принята на вооружение МБР Р-16 (SS-7 Saddler) с наземными пусковыми установками.
- 27 октября 1961 года** – С Ракетного испытательного полигона «Капустин Яр» в ракетном пуске осуществлен первый космический ядерный взрыв СССР.
- 30 октября 1961 года** – На Северном испытательном полигоне Новая Земля на высоте 4000 м взорван самый мощный в мире термоядерный заряд с энерговыделением 50 Мт. При проведении испытания были предприняты меры, радикально снизившие воздействие взрыва на окружающую среду.
- 14 февраля 1962 года** – Председателем Государственного комитета Совета Министров СССР по использованию атомной энергии назначен А.М. Петросьянц.
- 10 апреля 1962 года** – Филиал КБ-25 МСМ преобразован в Научно-исследовательский институт электровакуумной и импульсной техники (НИИ-50; Научно-исследовательский институт импульсной техники, Москва, первый директор Б.М. Степанов), ориентированный на разработку радиоэлектронной и радиовакуумной аппаратуры и датчиков для регистрации однократных быстротекущих процессов.

- 24 декабря 1962 года** – На Семипалатинском испытательном полигоне осуществлен последний наземный ядерный взрыв.
- 25 декабря 1962 года** – На Северном испытательном полигоне Новая Земля осуществлен последний воздушный ядерный взрыв.
- 26 декабря 1962 года** – Одностороннее прекращение Советским Союзом ядерных испытаний.
- 13 марта 1963 года** – Министерство среднего машиностроения СССР преобразовано в Государственный производственный комитет по среднему машиностроению СССР, а Государственный комитет Совета Министров СССР по использованию атомной энергии – в Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР.
- 25 марта 1963 года** – Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Специальное конструкторско-технологическое бюро с опытным заводом, на базе которых создается Опытно-конструкторское бюро №20 (Конструкторское бюро автотранспортного машиностроения, г. Мытищи, начальник и главный конструктор – С.П. Попов), было передано из Мособлсовнархоза в Государственный производственный комитет по среднему машиностроению.
- 15 мая 1963 года** – Принята на вооружение БРПЛ Р-21 (комплекс Д-4, SS-N-5 Sark).
- 15 июля 1963 года** – Приняты на вооружение модификация РСД Р-14У и МБР Р-16У, впервые размещенные в ШПУ.
- 5 августа 1963 года** – В Москве подписан Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, вступивший в силу 10 октября после его ратификации парламентами депозитариев – СССР, США и Великобритании.
- 15 ноября 1963 года** – В г. Протвино Московской области на базе филиала ИТЭФ создается Институт физики высоких энергий (директор А.А. Логунов, научный руководитель – Н.Н. Боголюбов).
- 9 января 1964 года** – Принята на вооружение РСД Р-12У (SS-4 Sandal) с размещением в ШПУ.
- 26 апреля 1964 года** – Дал промышленный ток первый реактор Белоярской АЭС. Мощность первого энергоблока АМБ-100 с реактором на тепловых нейтронах канального типа составила 100 МВт.
- 30 сентября 1964 года** – Пущен первый энергоблок Нововоронежской АЭС ВВЭР-210. На станции использовался реактор корпусного типа, топливом служил слабообогащенный уран, теплоносителем – вода под давлением.
- сентябрь 1964 года** – В Женеве состоялась Третья международная научно-техническая конференция по мирному использованию ядерной энергии. Советскими учеными было представлено около 200 докладов по проблемам ядерной энергетики и термоядерных исследований.
- 16 октября 1964 года** – Начало ядерных испытаний КНР.
- 15 января 1965 года** – В Казахстане с помощью подземного ядерного взрыва на выброс создано искусственное озеро Чаган. Общая емкость водохранилища составила 20 миллионов кубических метров.
- 2 марта 1965 года** – Государственный производственный комитет по среднему машиностроению СССР преобразован в Министерство среднего машиностроения СССР (министр – Е.П. Славский).
- 30 марта 1965 года** – В целях интенсификации добычи нефти на Грачевском нефтяном месторождении в Башкирии осуществлен первый групповой подземный ядерный взрыв. В две скважины было заложено и одновременно подорвано по одному ядерному устройству.

21 июля 1965 года – Принята на вооружение МБР Р-9А (SS-8 Sasin).

1965 год – На ЭМЗ «Авангард» (г. Саров) при участии сотрудников ВНИИНМ изготовлены два полониевых тепловых блока «Орион» (12 000–17 000 Кюри, 18 Вт(эл)), успешно использованные на спутниках «Космос-84» и «Космос-90».

1965 год – На Ульяновском металлургическом заводе (г. Усть-Каменогорск) создано промышленное производство бериллия для атомной и ракетной техники.

23 февраля 1966 года – Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР из Министерства радиопромышленности СССР в МСМ передано Специальное конструкторское бюро завода №326 им. М.В. Фрунзе, преобразованное в Горьковское конструкторско-технологическое бюро измерительных приборов – филиал ВНИИЭФ (директор Ю.Е. Седаков). Бюро было ориентировано на разработку радиоприборов для изделий Министерства среднего машиностроения.

22 апреля 1966 года – Первый советский подземный ядерный взрыв по созданию полостей в каменной соли на площадке Азгир.

29 сентября 1966 года – Постановлением Правительства СССР утвержден государственный план строительства новых АЭС до 1977 года общей мощностью 11,9 миллионов кВт.

30 сентября 1966 года – Впервые в мире с помощью подземного ядерного взрыва ликвидирована авария на газовом месторождении Урта-Булак.

3 декабря 1966 года – На Семипалатинском полигоне осуществлен первый групповой подземный ядерный взрыв в одной горной выработке. В штольню были опущены и одновременно подорваны два ядерных устройства.

25 апреля 1967 года – Распоряжением Правительства СССР на базе Центрального бюро научно-технической информации в Москве образован Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по атомной науке и технике (ЦНИИАтоминформ, первый директор – В.Ф. Семенов).

21 июля 1967 года – Приняты на вооружение тяжёлая МБР Р-36 (SS-9 Scarp) и МБР УР-100 (SS-11 Sego).

10 октября 1967 года – Вступил в силу Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства.

21 октября 1967 года – Осуществлен первый групповой подземный ядерный взрыв на Северном испытательном полигоне Новая Земля с одновременным подрывом ядерных зарядов в двух штольнях.

1 марта 1968 года – Принято постановление Правительства СССР о строительстве атомного ледокола «Сибирь».

13 марта 1968 года – Принята на вооружение БРПЛ Р-27 (комплекс Д-5, SS-N-6 Serb).

1968 год – В Научно-исследовательском институте атомных реакторов (г. Димитровград) осуществлен физический пуск опытного реактора на быстрых нейтронах БОР-60. Электрическая мощность 12 МВт, тепловая – 60 МВт.

1 июля 1968 года – В Вашингтоне, Лондоне и Москве страны-депозитарии подписали Договор о нераспространении ядерного оружия.

1968 год – В Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова на установке с магнитным удержанием плазмы «Токамак-3» осуществлен нагрев водородной плазмы до 10 миллионов градусов.

- 1968 год** – Начато строительство нового реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем БН-600 в качестве третьего блока Белоярской АЭС. Электрическая мощность реактора – 600 МВт, тепловая мощность – 1480 МВт.
- 18 декабря 1968 года** – Принята на вооружение первая твердотопливная МБР РТ-2 (SS-13 Savage).
- 7 сентября 1969 года** – Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР принято решение о строительстве первого в СССР атомного надводного корабля для ВМФ СССР.
- ноябрь 1969 года** – Начало переговоров между СССР и США об ограничении стратегических вооружений.
- 24 ноября 1969 года** – Президиум Верховного Совета СССР ратифицировал Договор о нераспространении ядерного оружия.
- 1 декабря 1969 года** – Введен в эксплуатацию второй энергоблок АМБ-200 Белоярской АЭС мощностью 200 МВт.
- 5 марта 1970 года** – Вступил в силу Договор о нераспространении ядерного оружия.
- 14 апреля 1970 года** – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-365 Нововоронежской АЭС.
- 26 сентября 1970 года** – Принята на вооружение модификация МБР УР-100У, впервые оснащенная РГЧ (без индивидуального наведения на цель).
- 11 февраля 1971 года** – Открыт для подписания Договор о запрещении размещения на дне морей и океанов ядерного оружия.
- 2 июля 1971 года** – В Коми АССР на глубине 542 м впервые произведен ядерный взрыв по программе сейсмозондирования.
- июль 1971 года** – На верфи Балтийского завода заложен атомный ледокол «Арктика». Мощность двигательной установки – 75000 лошадиных сил, водоизмещение – 23460 тонн, максимальная скорость хода – 23 узла.
- декабрь 1971 года** – Пущен третий энергоблок с реактором ВВЭР-440 Ново-Воронежской АЭС.
- 1971 год** – Создание Комитета Цангера.
- 1972 год** – Впервые в истории ледокольного флота в зимнее время атомным ледоколом «Ленин» из порта Дудинка в г. Мурманск проведен дизель-электроход «Индигирка».
- 18 мая 1972 года** – Вступил в силу Договор о запрещении размещения на дне морей и океанов и в его недрах ядерного оружия и других видов оружия массового уничтожения.
- 22–30 мая 1972 года** – В Москве подписаны советско-американские договоры «Основы взаимоотношений между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки», «Договор об ограничении систем противоракетной обороны», «Временное соглашение о некоторых мерах в области ограничения стратегических наступательных вооружений (ОСВ-1)».
- 26 мая 1972 года** – СССР и США подписали пакет соглашений, известных как Договор об ограничении стратегических вооружений (Договор ОСВ-1), в который вошли:
- Соглашение о мерах по уменьшению опасности ядерной войны (подписано ранее, 30 сентября 1971 года);
 - Договор об ограничении систем противоракетной обороны;
 - Временное соглашение о некоторых мерах в области ограничения стратегических наступательных вооружений;
 - Протокол к Договору об ограничении систем противоракетной обороны (подписан 3 июня 1974 года).

4 сентября 1972 года – В Мурманской области впервые произведен ядерный взрыв с целью отработки технологии дробления руды.

декабрь 1972 года – Пущен четвертый энергоблок Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-440.

19–23 июня 1973 года – В Вашингтоне СССР и США подписали «Основные принципы переговоров о дальнейшем ограничении стратегических наступательных вооружений», соглашения «О научно-техническом сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии» и «О предотвращении ядерной войны».

29 июня 1973 года – Вступил в строй первый энергоблок Кольской АЭС ВВЭР-440 в Заполярье, электрическая мощность реактора 440 МВт.

15 июля 1973 года – В г. Шевченко (ныне г. Актау, Казахстан) на Мангышлакском энергетическом заводе осуществлен пуск многоцелевой АЭС с реактором корпусного типа на быстрых нейтронах БН-350. Электрическая мощность АЭС – 350 МВт, тепловая мощность – 1000 МВт. Наряду с выработкой электроэнергии АЭС производила пар для опреснения около 120000 кубических метров морской воды в сутки.

12 сентября 1973 года – Осуществлен физический пуск реактора первого энергоблока Ленинградской АЭС РБМК-1000. 23 декабря первый блок ЛАЭС принят в эксплуатацию.

12 сентября 1973 года – На Северном испытательном полигоне Новая Земля в штольне В-1 проведено самое мощное в СССР подземное ядерное испытание.

4 января 1974 года – Принята на вооружение модернизация БРПЛ Р-27У, впервые оснащенная РГЧ (без индивидуального наведения).

11 января 1974 года – На самой северной в мире Билибинской ТЭЦ на Чукотке пущен первый энергоблок ЭГП-6. В 1976 году Билибинская ТЭЦ стала первой в стране атомной теплоэлектроцентралью, построенной в зоне вечной мерзлоты. Энергетическая мощность энергоблока – 12 МВт, тепловая – 62 МВт.

12 марта 1974 года – Принята на вооружение первая межконтинентальная БРПЛ Р-29 (комплекс Д-9, SS-N-8 Sawfly).

18 мая 1974 года – Индия провела первое ядерное испытание.

3 июля 1974 года – В Москве СССР и США подписали совместный Договор об ограничении подземных испытаний ядерного оружия, совместное заявление и протокол к Договору об ограничении систем противоракетной обороны.

12 июля 1974 года – В ГДР введен в эксплуатацию первый энергоблок «Грейфсвальд-1» с реактором ВВЭР-440.

28 октября 1974 года – В Болгарии введен в эксплуатацию первый энергоблок «Козлодуй-1» с реактором ВВЭР-440.

9 декабря 1974 года – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-440 Кольской АЭС.

декабрь 1974 года – Введен в строй второй энергоблок ЭГП-6 Билибинской АЭС.

17 февраля 1975 года – В Москве состоялось подписание совместной советско-британской декларации о нераспространении ядерного оружия.

11–15 апреля 1975 года – В Москве подписаны советско-югославские и советско-иракские соглашения о сотрудничестве в области использования атомной энергии в мирных целях.

14 апреля 1975 года – В ГДР введен в эксплуатацию второй энергоблок «Грейфсвальд-2» с реактором ВВЭР-440.

5 мая 1975 года – Осуществлен физический пуск реактора второго энергоблока РБМК-1000 Ленинградской АЭС. 8 января 1976 года второй блок выведен на проектную мощность.

июнь 1975 года – Атомный ледокол «Арктика» вышел в первую навигацию.

23 августа 1975 года – На Северном испытательном полигоне Новая Земля в штольне А-10 проведено ядерное испытание с максимальным числом ядерных взрывов. Одновременно были взорваны восемь ядерных зарядов.

9 октября 1975 года – Академик А.Д. Сахаров стал лауреатом Нобелевской премии мира.

25 ноября 1975 года – В Болгарии введен в эксплуатацию второй энергоблок «Козлодуй-2» с реактором ВВЭР-440.

1975 год – В ИАЭ им. И.В. Курчатова вступила в строй установка «Токамак-10», в которой была получена плазма с температурой электронов 10 миллионов градусов, ионов – более 7 миллионов градусов, плотностью $6 \cdot 10^{13}$ частиц на кубический сантиметр.

декабрь 1975 года – Введен в эксплуатацию третий энергоблок ЭГП-6 Билибинской АЭС.

30 декабря 1975 года – Принята на вооружение МБР МР УР-100 (SS-17 Spanker) с четырьмя РГЧ ИН. Принята на вооружение тяжёлая МБР Р36М (SS-18 Satan). Принята на вооружение МБР УР-100Н (SS-19 Stiletto) с оснащением до шести РГЧ ИН.

1975 год – Создание Группы ядерных поставщиков для выработки политики государств-экспортеров ядерных материалов, технологий и оборудования.

21 февраля 1976 года – Поставлена на боевое дежурство первая МБР с мобильной грунтовой пусковой установкой «Темп-2С» (SS-X-16 Sinner).

23 февраля 1976 года – Спущен на воду атомный ледокол «Сибирь».

11 марта 1976 года – Принята на вооружение РСД «Пионер» (SS-20 Saber).

28 мая 1976 года – Подписание Договора между СССР и США о подземных ядерных взрывах в мирных целях.

16 июля 1976 года – СССР и Франция подписали Соглашение о предупреждении случайного или несанкционированного применения ядерного оружия.

19 декабря 1976 года – Введен в эксплуатацию первый энергоблок РБМК-1000 Курской АЭС.

27 декабря 1976 года – Введен в действие первый производственный комплекс Волгодонского комбината атомного машиностроения «Атоммаш».

декабрь 1976 года – Введен в эксплуатацию первый блок ВВЭР-440 Армянской АЭС. Поскольку станция проектировалась для строительства в сейсмически активной зоне, то при ее монтаже было установлено 180 гидроамортизаторов, с помощью которых осуществлялась защита основного оборудования от сейсмических воздействий. За все время эксплуатации станция без остановки реакторов выдержала землетрясение мощностью 6–7 баллов.

декабрь 1976 года – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок ЭГП-6 Билибинской АЭС.

1976 год – Всесоюзное объединение «Изотоп» реализовало 48000 радиоизотопных источников α -излучения для нейтрализаторов статического электричества на основе нуклидов плутония-239 (в 1971 году – 24000) и 950000 радиоизотопных α -источников для установок противопожарного назначения (в 1971 году – 77000).

1977 год – На ПО «Маяк» пущен завод РТ-1 – первый отечественный завод по переработке ОЯТ энергетических и силовых реакторных установок. Технология позволила выделять «энергетический» плутоний.

9 мая 1977 года – В Финляндии введен в эксплуатацию первый энергоблок «Ловииса-1» с реактором ВВЭР-440.

18 июня 1977 года – СССР и США подписали комплекс соглашений, известных как Договор ОСВ-2. В него вошли:

- Договор об ограничении стратегических наступательных вооружений;
- Протокол к Договору об ограничении стратегических наступательных вооружений;
- Совместное заявление о принципах и основных направлениях последующих переговоров об ограничении стратегических вооружений.

22 июня 1977 года – Подписана советско-французская декларация о нераспространении ядерного оружия.

17 августа 1977 года – Впервые в истории мореплавания атомный ледокол «Арктика», преодолев мощный ледовый покров Северного Ледовитого океана, достиг Северного полюса.

сентябрь 1977 года – Введен в эксплуатацию первый энергоблок РБМК-1000 Чернобыльской АЭС.

10 октября 1977 года – Подписано соглашение между правительством СССР и Великобритании о предотвращении случайного возникновения ядерной войны.

12 ноября 1977 года – Вступила в силу Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб.

9 марта 1978 года – Делегация социалистических государств – членов Комитета по разоружению – внесла на рассмотрение комитета проект Конвенции о запрещении производства, накопления, развертывания и применения ядерного нейтронного оружия.

1 мая 1978 года – В ГДР введен в эксплуатацию третий энергоблок «Грейфсвальд-3» с реактором ВВЭР-440.

29 декабря 1978 года – Государственной комиссией принята в опытно-промышленную эксплуатацию реакторная установка «Руслан». 19 января 1979 года начаты работы по физическому пуску реактора, а 4 декабря 1980 года мощность промышленного реактора «Руслан» доведена до 100%.

декабрь 1978 года – Введен в эксплуатацию второй энергоблок РБМК-1000 Чернобыльской АЭС.

март 1979 года – Введен в эксплуатацию второй энергоблок РБМК-1000 Курской АЭС.

15–18 июня 1979 года – в Вене состоялась советско-американская встреча на высшем уровне. СССР и США подписали Договор об ограничении стратегических наступательных вооружений (ОСВ-2), протокол к договору и совместное заявление о принципах и основных направлениях последующих переговоров об ограничении стратегических вооружений.

июль 1979 года – СССР и США внесли совместное предложение в Комитете по разоружению о содержании Договора о запрещении радиологического оружия.

1 ноября 1979 года – В ГДР введен в эксплуатацию четвертый энергоблок «Грейфсвальд-4» с реактором ВВЭР-440.

12 декабря 1979 года – НАТО приняло «двойное решение» об одновременном размещении новых ракет США средней дальности в Европе и начале переговоров с Советским Союзом по этой категории ядерного оружия.

30 декабря 1979 года – Принят в эксплуатацию третий энергоблок РБМК-1000 Ленинградской АЭС.

1979 год – Принята на вооружение межконтинентальная БРПЛ Р-29Р, оснащенная РГЧ ИН (комплекс Д-9Р, SS-N-18 Stingray).

- 3 марта 1980 года** – Открытие к подписанию Конвенции о физической защите ядерного материала.
- 4 апреля 1980 года** – В Чехословакии введен в эксплуатацию первый энергоблок «Богунце-1» с реактором ВВЭР-440. Тепловая мощность – 1375 МВт, электрическая мощность – 440 МВт.
- апрель 1980 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок БН-600 Белоярской АЭС.
- 18–19 апреля 1980 года** – Осуществлен физический пуск кормового и носового реакторов для надводного корабля ВМФ.
- сентябрь 1980 года** – Введен в эксплуатацию пятый энергоблок ВВЭР-1000 Нововоронежской АЭС.
- сентябрь 1980 года** – Принята в опытную эксплуатацию первая твердотопливная БРПЛ Р-31 (комплекс Д-11, SS-N-17 Snipe).
- 17 октября 1980 года** – Начались переговоры между СССР и США в Женеве об ограничении ядерных вооружений в Европе.
- 17 декабря 1980 года** – Принята на вооружение тяжелая МБР Р-36М УТТХ с оснащением до десяти РГЧ ИН.
- декабрь 1980 года** – Введен в эксплуатацию первый энергоблок ВВЭР-440 Ровенской АЭС.
- 1 января 1981 года** – В Чехословакии введен в эксплуатацию второй энергоблок «Богунце-2» с реактором ВВЭР-440.
- 5 января 1981 года** – В Финляндии введен в эксплуатацию второй энергоблок «Ловииса-2» с реактором ВВЭР-440.
- 27 января 1981 года** – В Болгарии введен в эксплуатацию третий энергоблок «Козлодуй-3» с реактором ВВЭР-440.
- 1981 год** – В состав ВМФ СССР принят первый авианесущий атомный крейсер «Киров».
- февраль 1981 года** – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок РБМК-1000 Ленинградской АЭС.
- 24 марта 1981 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок ВВЭР-440 Кольской АЭС.
- декабрь 1981 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок РБМК-1000 Чернобыльской АЭС.
- декабрь 1981 года** – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-440 Ровенской АЭС.
- 1981 год** – Принят на вооружение тяжелый бомбардировщик ТУ-95МС.
- 1982 год** – Пущен первый энергоблок Игналинской АЭС (Литва) с реактором РБМК-1500 с усовершенствованным уран-графитовым реактором канального типа. Электрическая мощность реактора – 1500 МВт, тепловая мощность – 4800 МВт.
- 29 июня 1982 года** – Начало переговоров между СССР и США в Женеве об ограничении и сокращении стратегических вооружений (ОССВ).
- 30 июня 1982 года** – В Болгарии введен в эксплуатацию четвертый энергоблок «Козлодуй-4» с реактором ВВЭР-440.
- 9 декабря 1982 года** – Введен в эксплуатацию первый энергоблок РБМК-1000 Смоленской АЭС.
- декабрь 1982 года** – Введен в эксплуатацию первый энергоблок ВВЭР-1000 Южно-Украинской АЭС.
- 23 марта 1983 года** – Президент США Рональд Рейган объявил о Стратегической оборонной инициативе.
- май 1983 года** – Принята на вооружение твердотопливная БРПЛ Р-39 (комплекс Д-19, SS-N-20, Sturgeon), оснащенная РГЧ.

1983 год – На заводе РТ-1 ПО «Маяк» по технологии ВНИИНМ начата переработка топлива реактора БН-350.

10 августа 1983 года – В Венгрии введен в эксплуатацию первый энергоблок «Паки-1» с реактором ВВЭР-440.

17 октября 1983 года – Введен в эксплуатацию третий энергоблок РБМК-1000 Курской АЭС.

ноябрь 1983 года – Со стапелей Балтийского завода спущен на воду атомный ледокол «Россия».

декабрь 1983 года – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок РБМК-1000 Чернобыльской АЭС.

январь 1984 года – Введен в эксплуатацию первый энергоблок РБМК-1500 Игналинской АЭС.

9 мая 1984 года – Введен в эксплуатацию первый энергоблок ВВЭР-1000 Калининской АЭС.

5 августа 1984 года – Атомная подводная лодка «К-278», принятая в состав ВМФ СССР в 1983 году, погрузилась на глубину 1000 метров, что стало возможным благодаря сверхпрочному титановому корпусу.

14 ноября 1984 года – В Венгрии введен в эксплуатацию второй энергоблок «Паки-2» с реактором ВВЭР-440.

6 декабря 1984 года – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок ВВЭР-440 Кольской АЭС.

декабрь 1984 года – Введен в эксплуатацию первый энергоблок ВВЭР-1000 Запорожской АЭС.

январь 1985 года – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-1000 Южно-украинской АЭС.

14 февраля 1985 года – В Чехословакии введен в эксплуатацию третий энергоблок «Богунце-3» с реактором ВВЭР-440.

3 мая 1985 года – В Чехословакии введен в эксплуатацию первый энергоблок «Дукованы-1» с реактором ВВЭР-440.

1 мая 1985 года – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-1000 Смоленской АЭС.

1985 год – На заводе РТ-1 ПО «Маяк» по технологии ВНИИНМ начата переработка топлива реактора БН-600.

10 июня 1985 года – Советский Союз присоединился к соглашению о гарантиях МАГАТЭ.

6 августа 1985 года – СССР объявил о начале одностороннего моратория на ядерные испытания.

октябрь 1985 года – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-1000 Запорожской АЭС.

2 декабря 1985 года – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок ВВЭР-1000 Курской АЭС.

18 декабря 1985 года – В Чехословакии введен в эксплуатацию четвертый энергоблок «Богунце-4» с реактором ВВЭР-440.

28 декабря 1985 года – Введен в эксплуатацию первый энергоблок ВВЭР-1000 Балаковской АЭС.

15 января 1986 года – Руководитель СССР М.С. Горбачев выдвинул инициативу полной ликвидации ядерного оружия к 2000 году.

21 марта 1986 года – В Чехословакии введен в эксплуатацию второй энергоблок «Дукованы-2» с реактором ВВЭР-440.

26 апреля 1986 года – В 1 час 23 минуты 49 секунд на четвертом блоке Чернобыльской АЭС при работе реактора РБМК-1000 на мощности 200 МВт (6% от номинальной мощности) произошла крупнейшая в истории техническая ядерная катастрофа с полным разрушением реакторной установки.

- 26 апреля 1986 года** – Создана Правительственная комиссия по расследованию причин аварии на ЧАЭС. В комиссию вошли заместитель председателя СМ СССР Б.Е. Щербина (председатель), А.И. Майорец, А.Г. Мешков, В.А. Сидоренко, В.И. Другов, Е.И. Воробьев, Ф.А. Щербак, О.В. Сорока, Н.Ф. Николаев, И.С. Плющ, Н.П. Симочатов, В.А. Легасов.
- 27 апреля 1986 года** – В 14.00 началась эвакуация жителей из прилегающих к ЧАЭС районов. За день было вывезено около 45000 человек.
- 20 мая 1986 года** – Приказом Министра среднего машиностроения СССР Е.П. Славского для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС было создано Управление строительства № 605 (начальник Е.В. Рыгалов). В состав управления в разные периоды времени входило более 23 подразделений. Управлению строительства было подчинено Управление военно-строительных частей в составе двух военно-строительных полков, военно-строительный и санитарно-эпидемиологический отряды, а также подразделения обеспечения. В непосредственном контакте с Управлением строительства в зоне Чернобыльской АЭС работало свыше 10 научных, проектных и других организаций МСМ (РИАН, СНИИП, ИАЭ, ПО «Маяк»). Работы велись вахтовым методом, при этом общая максимальная численность вахты составляла более 11000 человек, из них свыше 6000 человек – военные строители.
- 5 июня 1986 года** – Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Минсредмаш утвержден генеральным подрядчиком по выполнению работ, связанных с захоронением четвертого блока ЧАЭС. Генеральными проектировщиками по организации и технологии строительных работ по захоронению четвертого энергоблока стали Всесоюзный проектный научно-исследовательский институт комплексной энергетической технологии (директор В.А. Курносов) и Оргтехстройпроект (директор А.М. Кораблинов). Научное руководство было поручено Институту атомной энергии им. И.В. Курчатова (директор А.П. Александров).
- 21 июля 1986 года** – Образовано Министерство атомной энергетики СССР (министр Н.Ф. Луконин).
- 29 ноября 1986 года** – Министром среднего машиностроения назначен Л.Д. Рябев.
- 1 декабря 1986 года** – В Венгрии введен в эксплуатацию третий энергоблок «Паки-3» с реактором ВВЭР-440.
- декабрь 1986 года** – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-1000 Калининской АЭС.
- декабрь 1986 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок ВВЭР-440 Ровенской АЭС.
- декабрь 1986 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок ВВЭР-1000 Запорожской АЭС.
- 20 декабря 1986 года** – В Чехословакии введен в эксплуатацию третий энергоблок «Дукованы-3» с реактором ВВЭР-440.
- 1986 год** – Принята на вооружение БРПЛ Р-29РМ (комплекс Д-9РМ, SS-N-24 Skiff).
- 19 января 1987 года** – В Чехословакии введен в эксплуатацию четвертый энергоблок «Дукованы-4» с реактором ВВЭР-440.
- 8 февраля 1987 года** – Вступила в силу Конвенция о физической защите ядерного материала.
- 26 февраля 1987 года** – СССР вышел из одностороннего моратория и возобновил ядерные испытания.
- 1 марта 1987 года** – М.С. Горбачев предложил выделить проблему ракет средней дальности в Европе из общего комплекса переговорных вопросов и заключить по этой категории вооружений отдельное соглашение.
- июль 1987 года** – Введен в эксплуатацию второй энергоблок РБМК-1500 Игналинской АЭС.
- 8 октября 1987 года** – Введен в эксплуатацию второй энергоблок ВВЭР-1000 Балаковской АЭС.

- 1 ноября 1987 года** – В Венгрии введен в эксплуатацию четвертый энергоблок «Паки-4» с реактором ВВЭР-440.
- 8 декабря 1987 года** – СССР и США подписали договор о ликвидации ракет средней и меньшей дальности (Договор по РСМД). В результате его выполнения были уничтожены советские и американские баллистические и крылатые ракеты наземного базирования с дальностью от 500 до 5500 км.
- 2 июня 1988 года** – Достигнута договоренность об общих параметрах Договора о 50%-ном сокращении СНВ (Договор СНВ-1).
- 11 августа 1988 года** – Принята на вооружение тяжелая МБР Р-36М2, оснащенная десятью РГЧ ИН.
- 17 августа 1988 года** – СССР и США провели совместный эксперимент с подрывом ядерного устройства на американском ядерном полигоне в штате Невада (СЭК) с целью проверки способов контроля над выполнением Договора об ограничении мощности подземных испытаний ядерного оружия.
- 14 сентября 1988 года** – Совместный советско-американский эксперимент был осуществлен на Семипалатинском испытательном полигоне в Казахстане.
- 1988 год** – На ПО «Маяк» введен в эксплуатацию второй комплекс завода РТ-1 по переработке отработавшего ядерного топлива реакторов ВВЭР.
- 1988 год** – Советский Союз принял решение о полном прекращении производства высокообогащенного урана для военных целей.
- 1988 год** – Во ВНИИЭФ на базе самого мощного в Европе 12-канального лазера создан лазерный исследовательский комплекс «Искра-5».
- 1 декабря 1988 года** – Принята на вооружение МБР РТ-2ПМ (SS-25 Sickle) с мобильной грунтовой ПУ с моноблочной БЧ.
- 24 декабря 1988 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок ВВЭР-1000 Балаковской АЭС.
- 23 декабря 1988 года** – В Болгарии введен в эксплуатацию пятый энергоблок «Козлодуй-5» с реактором ВВЭР-1000.
- 25 февраля 1989 года** – В связи с катастрофическим землетрясением в Армении был остановлен первый энергоблок Армянской АЭС. Второй энергоблок Армянской АЭС остановлен в марте 1989 года.
- 7 апреля 1989 года** – При возвращении из автономного плавания в 180 км к юго-западу от острова Медвежий в нейтральных водах Норвежского моря на глубине 157 метров произошла авария на атомной подводной лодке «К-27» («Комсомолец»). Лодке удалось всплыть, однако, спустя несколько часов, она затонула. Погибли 42 члена экипажа. Ядерный реактор был остановлен и не был поврежден.
- 27 июня 1989 года** – Образовано Министерство атомной энергетики и промышленности СССР.
- 17 июля 1989 года** – Министром атомной энергетики и промышленности СССР назначен В.Ф. Коновалов.
- сентябрь 1989 года** – Введен в эксплуатацию пятый энергоблок ВВЭР-1000 Запорожской АЭС.
- 19 сентября 1989 года** – Последнее ядерное испытание СССР на Семипалатинском испытательном полигоне.
- 1 ноября 1989 года** – В ГДР введен в эксплуатацию пятый энергоблок «Грейфсвальд-5» с реактором ВВЭР-440.

- ноябрь 1989 года** – Принята на вооружение МБР РТ-23 УТТХ (SS-24 Scalpel) с десятью РГЧ ИН. Ракета могла размещаться как в шахтных, так и на железнодорожных пусковых установках.
- декабрь 1989 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок ВВЭР-1000 Южно-Украинской АЭС.
- 1 января 1990 года** – Введен в эксплуатацию третий энергоблок с реактором РБМК-1000 Смоленской АЭС.
- февраль-март 1990 года** – В Германии остановлены реакторы ВВЭР-440 энергоблоков «Грейфсвальд-1», «Грейфсвальд-2», «Грейфсвальд-3» и «Грейфсвальд-4». Реактор ВВЭР-440 энергоблока «Грейфсвальд-5» был остановлен в 1989 году.
- 25 апреля 1990 года** – Верховный Совет СССР утвердил Государственную союзно-республиканскую программу неотложных мер на 1990–1992 годы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.
- 24 октября 1990 года** – На Северном испытательном полигоне Новая Земля проведено последнее ядерное испытание СССР.
- 24 октября 1990 года** – Вступила в силу Конвенция о ядерной безопасности.
- 21 декабря 1990 года** – Генеральная ассамблея ООН консенсусом без голосования приняла резолюцию № 45/190 о развитии международного сотрудничества по преодолению последствий Чернобыльской аварии.
- 25 февраля 1991 года** – В Будапеште представители СССР и государств-участников Варшавского договора приняли решение об упразднении этой организации.
- 31 июля 1991 года** – СССР и США подписали Договор об ограничении и сокращении СНВ (Договор СНВ-1).
- 29 августа 1991 года** – Указом Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева закрыт Семипалатинский ядерный полигон.
- 26 октября 1991 года** – Президент России Б.Н. Ельцин объявил мораторий на ядерные испытания.
- 26 ноября 1991 года** – Последнее ядерное испытание Великобритании.
- 1991 год** – Начало действия программы Нанна-Лугара по сотрудничеству России и США в целях совместного уменьшения ядерной угрозы.
- 29 января 1992 года** – Образовано Министерство Российской Федерации по атомной энергии.
- 2 марта 1992 года** – Министром Российской Федерации по атомной энергии назначен В.Н. Михайлов.
- 27 февраля 1992 года** – Президент Российской Федерации Б.Н. Ельцин подписал Указ о переименовании Северного испытательного полигона Новая Земля в Центральный полигон Российской Федерации (ЦП РФ) и передаче его в федеральную собственность.
- 23 мая 1992 года** – Подписан Лиссабонский протокол к Договору СНВ-1.
- июнь 1992 года** – Все тактическое ядерное оружие СССР перемещено из государств СНГ в Россию.
- 17 июня 1992 года** – Подписано соглашение между Россией и США относительно безопасных перевозок, хранения и уничтожения оружия и предотвращения распространения.
- 15 июля 1992 года** – Принят Закон Российской Федерации «О закрытых административно-территориальных образованиях».
- 23 сентября 1992 года** – Последнее ядерное испытание США.
- 4 ноября 1992 года** – Верховный Совет РФ ратифицировал Договор СНВ-1.

- 27 ноября 1992 года** – Подписано международное соглашение о создании Международного научно-технического центра (МНТЦ).
- 3 января 1993 года** – РФ и США подписали Договор о дальнейшем ограничении и сокращении СНВ (Договор СНВ-2).
- 22 января 1993 года** – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок ВВЭР-1000 на Балаковской АЭС.
- 18 февраля 1993 года** – РФ и США подписали соглашение об использовании высокообогащенного урана, извлеченного из ядерного оружия.
- 5 июля 1993 года** – Указом Президента Российской Федерации продлен срок действия моратория на ядерные испытания «до тех пор, пока такой мораторий, объявленный другими государствами, обладающими ядерным оружием, будет де-юре или де-факто соблюдаться».
- 30 декабря 1993 года** – В Болгарии введен в эксплуатацию шестой энергоблок «Козлодуй-б» с реактором ВВЭР-1000.
- 2–5 января 1994 года** – В Женеве начались переговоры по Договору о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.
- 14 января 1994 года** – Трехстороннее заявление президентов России, Украины и США.
- 15 мая 1994 года** – Введен в эксплуатацию четвертый энергоблок ВВЭР-1000 Балаковской АЭС.
- 23 июня 1994 года** – Российская Федерация и Соединенные Штаты подписали соглашение о прекращении производства плутония.
- 17 апреля – 13 мая 1995 года** – Конференция по рассмотрению действия и продлению Договора о нераспространении ядерного оружия проходила в Нью-Йорке в штаб-квартире ООН. Действие ДНЯО было бессрочно продлено.
- июнь 1995 года** – Вышел Указ Президента Российской Федерации «Об основных направлениях энергетической политики и структурной перестройки топливно-энергетического комплекса Российской Федерации на период до 2010 года».
- октябрь 1995 года** – Россия присоединилась к режиму контроля над ракетной технологией.
- 21 ноября 1995 года** – Принят Федеральный закон РФ «Об использовании атомной энергии».
- 12 декабря 1995 года** – Подписаны Вассенаарские договоренности по контролю над экспортом обычных вооружений, товаров и технологий двойного назначения.
- 27 января 1996 года** – Последнее ядерное испытание Франции.
- 19–20 апреля 1996 года** – Московская встреча на высшем уровне по ядерной безопасности.
- 29 июля 1996 года** – Последнее ядерное испытание КНР.
- 24 сентября 1996 года** – Открытие к подписанию Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ).
- сентябрь 1996 года** – На Украине введен в эксплуатацию шестой энергоблок ВВЭР-1000 Запорожской АЭС.
- 21 марта 1997 года** – Совместное заявление президентов России и США в Хельсинки о параметрах будущих сокращений ядерных сил.
- 27 мая 1997 года** – Подписан Акт о взаимных отношениях, сотрудничестве и безопасности между РФ и НАТО.
- март 1998 года** – Министром Российской Федерации по атомной энергии назначен Е.О. Адамов.

- 11–13 мая 1998 года** – Индия провела два подземных ядерных испытания, в которых было взорвано пять ядерных зарядов.
- 28–30 мая 1998 года** – Пакистан провел два подземных ядерных испытания, в которых было взорвано от трех до шести ядерных зарядов.
- 2 сентября 1998 года** – Президенты России и США подписали совместное заявление о принципах обращения и утилизации плутония, заявленного как не являющегося более необходимым для целей обороны.
- 22 сентября 1998 года** – Подписано межправительственное российско-американское соглашение «Инициатива закрытых городов».
- 13 октября 1998 года** – В Словакии введен в эксплуатацию первый энергоблок «Моховце-1» с реактором ВВЭР-440.
- 20 июня 1999 года** – Совместное заявление президентов России и США в Кельне о стратегических вооружениях и укреплении стратегической стабильности.
- 18 июля 1999 года** – Принят Федеральный закон РФ «Об экспортном контроле».
- 10 января 2000 года** – Президент РФ В.В. Путин своим указом утвердил «Концепцию национальной безопасности Российской Федерации».
- 11 апреля 2000 года** – В Словакии введен в эксплуатацию второй энергоблок «Моховце-2» с реактором ВВЭР-440.
- 21 апреля 2000 года** – Президент России утвердил военную доктрину Российской Федерации.
- 4 мая 2000 года** – Россия ратифицировала Договор СНВ-2.
- 31 мая 2000 года** – Россия ратифицировала ДВЗЯИ.
- 4 июня 2000 года** – Заявление президентов США и России об обращении с оружейным плутонием, заявленным как не являющимся более необходимым для целей обороны.
- 23 августа 2000 года** – Президент РФ В.В. Путин подписал Указ №1563 «О неотложных мерах социальной поддержки специалистов ядерного оружейного комплекса Российской Федерации».
- 6 сентября 2000 года** – Президент России В.В. Путин выступил на Саммите тысячелетия в ООН с инициативой решения проблемы энергообеспечения, экологии и нераспространения.
- 13 ноября 2000 года** – Президент России В.В. Путин предложил США на взаимной основе сократить число ядерных зарядов до 1500 к 2008 году.
- 24 ноября 2000 года** – Совет Федерации принял Постановление №301-СФ «О мерах по социально-экономическому развитию архипелага «Новая Земля».
- 21 декабря 2000 года** – Государственная Дума в первом чтении приняла поправки к трем законам, направленным на разрешение ввоза в Россию на временное хранение и переработку облученного ядерного топлива зарубежных АЭС.
- 19 января 2001 года** – Госатомнадзор выдал лицензию на эксплуатацию первого энергоблока ВВЭР-1000 Ростовской АЭС.
- 28 марта 2001 года** – Министром Российской Федерации по атомной энергии назначен А.Ю. Румянцев.
- 11 июля 2001 года** – Президент РФ В.В. Путин подписал закон, разрешающий ввоз в Россию для хранения и переработки отработавшего ядерного топлива других государств.

24 мая 2002 года – В Москве президенты Российской Федерации и Соединенных Штатов Америки подписали Договор о сокращении стратегических наступательных потенциалов.

13 июня 2002 года – Соединенные Штаты Америки вышли из Договора по противоракетной обороне.

14 июня 2002 года – В ответ на выход США из Договора по ПРО, Российская Федерация заявила, что больше не считает себя связанной обязательствами Договора СНВ-2.

июнь 2002 года – Лидеры восьми наиболее развитых стран мира на встрече в Кананаскисе (Канада) заключили соглашение о Глобальном партнерстве против распространения оружия и материалов массового уничтожения.

ноябрь 2002 года – Куба подписала Договор о нераспространении ядерного оружия.

январь 2003 года – КНДР заявила о том, что она «официально» вышла из ДНЯО и возобновляет свою ядерную программу, которая была заморожена в 1994 году в соответствии с Рамочным соглашением между Северной Кореей и Соединенными Штатами Америки.

июнь 2003 года – На встрече в Эвиане (Франция) лидеры восьми наиболее развитых стран мира подтвердили свою приверженность идеям Глобального партнерства против распространения оружия и материалов массового уничтожения и приняли план действий «Группы восьми» по его реализации.

Глава 1

Первые шаги советского атомного проекта. Роль разведки

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	37
1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ В РЕАЛИЗАЦИИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА.....	39
1.1. Первые шаги по созданию ядерной инфраструктуры.....	39
1.2. Некоторые результаты работ над советским атомным проектом в 1942 году	40
2. РАБОТЫ ПО АТОМНОМУ ПРОЕКТУ В 1943 ГОДУ	43
2.1. Первые шаги деятельности Специальной лаборатории по атомному ядру	43
2.2. Организационные мероприятия по формированию и укреплению работ Специальной лаборатории по атомному ядру	45
3. РАБОТЫ ПО АТОМНОЙ ПРОБЛЕМЕ В 1944 ГОДУ И ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 1945 ГОДА	46
3.1. Вопросы разделения изотопов урана и создание ядерных реакторов	46
3.2. Анализ особенностей создания атомной бомбы.....	48
3.3. Данные и поставки из Германии.....	49
4. ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ РАЗВЕДКОЙ СССР	50
4.1. Устройство атомной бомбы.....	50
4.2. Фундаментальные физические данные	51
4.3. Разделение изотопов	52
4.4. Ядерные реакторы	53
4.5. Организация работ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ К ГЛАВЕ 1	55
1. Основные моменты в докладе Л.П. Берия И.В. Сталину (март 1942 года)	55
2. Анализ данных из Великобритании.....	55
3. Об использовании уранового котла для получения трансурановых элементов.....	57
4. О рассмотрении перечня американских работ по проблеме урана	58
5. О работах по урановому проекту.....	60
6. Анализ данных «Обзорной работы»	60
7. О разработке атомной бомбы в США.....	61
8. Анализ данных, полученных из США.....	61
9. Анализ данных, полученных из США.....	62
10. Анализ данных, полученных из США.....	63
11. О параметрах атомной бомбы США.....	63
12. Об устройстве атомной бомбы США	63

ВВЕДЕНИЕ

Создание первой атомной бомбы СССР является героическим трудовым подвигом советского народа, сумевшего в условиях послевоенной разрухи создать новую атомную промышленность, ядерный оружейный центр, испытательный полигон. Был создан огромный коллектив специалистов различного профиля, работавших над достижением одной цели, – созданием материально-технической и научно-технической базы атомной отрасли, созданием в СССР атомного оружия.

Выдающуюся роль в создании научной базы разработки ядерного оружия СССР сыграла деятельность советской разведки, которой удалось получить и передать разнообразную ценную информацию как в отношении принципиальных идей, так и конкретных научно-технических данных по атомному проекту.

В настоящее время появилось много различных публикаций по разным аспектам истории советского атомного проекта. В них содержится разнообразная информация о реализации программы создания первой советской атомной бомбы, даны различные оценки ее отдельных этапов.

Основные данные, представленные разведкой, сгруппированы по пяти разделам: «Устройство атомной бомбы», «Фундаментальные физические данные», «Разделение изотопов», «Ядерные реакторы», «Организация работ».

Мы воздерживаемся от подробных комментариев о конкретной роли этих данных в связи с отсутствием полного объема открытой информации, однако перечень этих данных говорит сам за себя. Следует отметить, что разведывательная информация содержала как изложение фундаментальных идей, лежащих в основе создания атомной бомбы и атомных производств, их реализуемости, так и конкретные разнообразные физические и инженерные данные, непосредственно влиявшие на представления наших специалистов.

Возможно, что следующая оценка будет близка к истине: в период с 1941 по 1945 год роль разведывательной информации в развитии советского атомного проекта была первостепенной, а в 1946–1949 годах главное значение имели собственные усилия и собственные достижения. Границей этих двух периодов является 1945 год, что определяется победой СССР в Великой Отечественной войне и возможностью сосредоточения усилий государства над практическим решением атомной проблемы. Вместе с тем и на первом этапе необходимо отметить выдающуюся роль наших специалистов, прежде всего И.В. Курчатова по анализу разведывательных данных, их сопоставлению с нашими данными, их проверке и оценке, определению основных идейных направлений нашего атомного проекта. Уже в этот период было сформировано ядро коллектива специалистов, который на втором этапе за три с половиной года успешно решил атомную проблему. Без первого этапа (в том случае, если бы после ядерных взрывов в Хиросиме и Нагасаки в 1946 году нам пришлось бы начинать с нуля) процесс создания атомной бомбы СССР существенно бы затянулся. С другой стороны, если бы принципиальные государственные решения по форсированию работ по атомной проблеме были бы приняты ранее августа 1945 года, это вряд ли бы существенно сократило сроки создания атомной бомбы. Дело в том, что в СССР в то время просто не было базового сырья – природного урана, и в условиях военного времени было невозможно получить его из Германии и Чехословакии (откуда он реально был в основном получен). Возможность форсирования добычи урана на собственных предприятиях в условиях военного времени представляется весьма сомнительной. Поэтому следует признать, что советская атомная бомба была создана не позже того времени, когда это могло быть сделано.

Итогом реализации советского атомного проекта явилось создание в августе 1949 года опытного образца первой атомной бомбы и его успешное испытание 29 августа 1949 года. Отставание в развитии ядерного оружия СССР по сравнению с США составило около четырех лет. К этому времени США провели уже 8 ядерных испытаний, список которых приведен ниже.

В ядерных взрывах 1 и 3 использовалась плутониевая атомная бомба на принципе имплозии, которая явилась прототипом первой советской атомной бомбы. В ядерном взрыве 2 использовалась

урановая атомная бомба на принципе сближения. Ее аналог разрабатывался, но не был создан на первом этапе советской атомной программы. Испытания 4 и 5 представляли собой первые войсковые учения с использованием ядерного взрыва, в которых участвовало около 42000 человек (операция Crossword). В качестве ядерного заряда использовался тот же боеприпас, что и в испытаниях 1 и 3.

Таблица 1.1. Ядерные испытания США в 1945–1948 годах

	Дата	Место испытания	Тип испытания	Высота, м	Энерговыведение, кт
1	16.07.45	Аламогордо (США)	наземный башня	30,5	23
2	06.08.45	Хиросима (Япония)	воздушный авиабомба	580	15
3	09.08.45	Нагасаки (Япония)	воздушный авиабомба	503	21
4	30.06.46	Бикини	воздушный авиабомба	159	23
5	24.07.46	Бикини	подводный	–27,5	23
6	14.04.48	Эниветак	наземный башня	61	37
7	30.04.48	Эниветак	наземный башня	61	49
8	14.05.48	Эниветак	наземный башня	61	18

В 1948 году испытывались атомные бомбы следующего поколения на принципе имплозии, использующие более совершенные физические схемы.

В 1949 году в США начался перерыв в ядерных испытаниях, который продолжался до начала 1951 года.

Для оценки стратегической ситуации к 1949 году представляют интерес данные о развитии ядерного производства и ядерного арсенала США к этому времени.

В 1949 году в США уже работало 4 промышленных ядерных реактора по наработке оружейного плутония, причем два из них были пущены в конце 1944 года, а один – в начале 1945 года. К концу 1949 года на этих реакторах было наработано около 700 кг оружейного плутония, в том числе к концу 1945 года – около 120 кг. Отметим, что СССР к концу 1949 года вряд ли располагал количеством плутония, заметно превышающим 10 кг.

В таблице 1.2 приведено количество природного урана, содержащегося в добытой и полученной из-за рубежа руде (концентрате) в США и СССР вплоть до 1949 года.

К 1949 году ресурс добытого природного урана, которым располагал СССР, составлял около 25% от ресурса США. При этом 73% природного урана было получено СССР из-за рубежа, в основном из Германии и Чехословакии. Мощности советской уранодобывающей промышленности постепенно подтягивались к мощностям США. В 1949 году поступление природного урана в СССР составляло уже 86% от его поступления в этом году в США.

Таблица 1.2. Добытый и полученный уран (т)

Год	до 1945	1945	1946	1947	1948	1949	Всего
США	3140	320	2680	1080	1310	1470	10000
СССР	0	115	110	340	635	1270	2470

Ниже приведено количество ядерных боезарядов, произведенных в эти годы атомной промышленностью США, а также их интегральный мегатоннаж.

Таблица 1.3. Характеристики ядерного арсенала США в 1945–1949 годах

Год	Общее число ядерных зарядов	Общий мегатоннаж, Мт
1945	2	0,04
1946	9	0,18
1947	13	0,26
1948	50	1,25
1949	170	4,19

Таким образом, в 1949 году США уже располагали значительным ядерным арсеналом из 170 ядерных зарядов общим энерговыделением в 4,2 Мт. Среднее энерговыделение одного ядерного заряда составляло при этом около 25 кт.

По существу весь боезапас США к 1949 году был основан на физической схеме плутониевого ядерного заряда на принципе имплозии.

Стратегическая авиация рассматривалась в качестве средства доставки ядерного оружия на территорию СССР, а для расширения ее боевых возможностей вдоль границ СССР интенсивно разворачивались военные базы.

Эти факты с очевидностью указывают на жизненную необходимость работ по ликвидации атомной монополии США, и эта монополия была ликвидирована 29 августа 1949 года. Впереди было еще очень много работы, от результатов которой зависело, удастся ли СССР ликвидировать достигнутое огромное ядерное превосходство США.

1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ В РЕАЛИЗАЦИИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ПРОЕКТА

1.1. Первые шаги по созданию ядерной инфраструктуры

Хотя предыстория развития работ по использованию ядерной энергии в СССР относится еще к довоенному времени, мы начнем наш анализ с 1942 года, когда на высшем государственном уровне были приняты принципиальные решения, определившие развертывание работ по советскому атомному проекту. Первое такое решение было принято 28 сентября 1942 года в виде Распоряжения Государственного Комитета Обороны «Об организации работ по урану». Этим распоряжением Академии наук СССР было предписано возобновить работы по исследованию осуществимости использования энергии, выделяемой при делении ядер урана, и представить к 1 апреля 1943 года доклад о возможности создания атомной бомбы или уранового топлива для ядерного реактора.

В этих целях впервые предполагалось создание ядерной инфраструктуры, ядром которой определялись четыре организации:

- Специальная лаборатория АН СССР, которая создавалась в соответствии с этим Распоряжением и должна была координировать все усилия по реализации атомного проекта;
- Радиевый институт, который должен был работать над вопросами разделения изотопов урана методом термодиффузии и имевший к тому времени определенный практический задел в этой области;
- Институт физики и математики АН УССР, который должен был работать над вопросами разделения изотопов урана методом центрифугирования, где в этой области работал в то время Ф.Ф. Ланге;
- Ленинградский физико-технический институт, в котором должно было быть произведено необходимое количество U-235 для первоначальных исследований.

Ответственным лицом за реализацию этой программы в Академии наук СССР был назначен академик А.Ф. Иоффе.

Предполагалось, что к марту 1943 года будут созданы первые разделительные установки, и на них будет наработано некоторое количество урана, обогащенного изотопом U-235.

Для обеспечения этих работ Академии наук должны были оказать поддержку в виде поставок конкретных материалов и оборудования ряд министерств и ведомств:

- Наркомат тяжелого машиностроения;
- Наркомат финансов;
- Наркомат черной металлургии;
- Наркомат цветной металлургии;
- Наркомат внешней торговли;
- Главное управление гражданского воздушного флота;
- Совнарком Татарской АССР.

В это же время было осознано, что одним из основных факторов, который препятствовал реализации этой программы, являлось отсутствие необходимого количества добытого урана. В связи с этим, 27 ноября 1942 года Государственный Комитет Обороны принял Постановление «О добыче урана». Это постановление поручало Наркомату цветной металлургии организовать на Табошарском месторождении добычу и переработку урановых руд с проектной мощностью порядка 4 тонн в год солей урана. При этом Радиевому институту предписывалось разработать технологическую схему получения урановых концентратов и солей урана из табошарских руд. Постановление поручало также Комитету по делам геологии провести работы по изысканию новых месторождений урановых руд.

Эти два постановления явились первым примером комплексного подхода, направленного на реализацию советского атомного проекта, и предполагали создание основ ядерной инфраструктуры СССР. Хотя эти постановления не были реализованы в полном объеме, а работы не были выполнены в требуемые сроки, это ни в коей мере не умаляет принципиального значения этих первых постановлений.

1.2. Некоторые результаты работ над советским атомным проектом в 1942 году

Одной из ведущих организаций в области атомного проекта до создания Специальной лаборатории АН СССР являлся Радиевый институт. Среди его основных работ можно отметить следующие:

- исследования процессов термодиффузии в жидкой фазе, применительно к проблеме разделения изотопов урана и других тяжелых элементов;
- исследования процессов термодиффузии в газовой фазе для легких элементов;
- проведение оценок критических масс U-235 как на быстрых, так и на медленных нейтронах. Для критической массы U-235 на быстрых нейтронах была получена оценка порядка 8 кг;
- проведение оценок влияния различных отражателей нейтронов, окружающих U-235, на величину критической массы. Оценки показали, что использование отражателей нейтронов позволяет уменьшить критическую массу U-235 в два раза;
- проведение оценок критической массы Pa-231. Изотоп Pa-231 является долгоживущим радионуклидом с периодом полураспада 32800 лет и содержится в радиоактивном ряду распада U-235. Равновесное содержание Pa-231 в урановом концентрате по отношению к U-238 составляет $3,3 \cdot 10^{-5}\%$. В 1942 году предполагалось, что характеристики деления ядер Pa-231 и U-235 близки, что определяло близость оценок их критических масс. В то же время осознавалось, что малое количество Pa-231 в природных условиях не позволяет рассчитывать на него как на материал для создания атомной бомбы. На самом деле Pa-231 является пороговым изотопом по отношению к процессу деления, и подобно U-238 он не имеет критической массы.

В начале 1942 года И.И. Гуревич, Я.Б. Зельдович и Ю.Б. Харитон выпустили работу о критических размерах, необходимых для осуществления цепной реакции. На основе решения интеграль-

ного уравнения Пайерлса и существовавших представлений о значениях основных нейтронных констант были оценены критические размеры систем для реакции на быстрых нейтронах, включая системы, в которых активное вещество было окружено отражателем нейтронов. Кроме того, были рассмотрены вопросы перехода через критическое состояние для различных типов систем.

Одним из центральных событий в истории советского атомного проекта в 1942 году были предложения, выдвинутые Г.Н. Флеровым в письме И.В. Курчатову в марте–июне 1942 года. В этих предложениях был сделан вывод об осуществимости цепной реакции деления на быстрых нейтронах для U-235 и Pa-231. Вероятное количество вторичных нейтронов при делении ядер этих изотопов быстрыми нейтронами было оценено в $\nu \sim 2\text{--}3$; вероятное эффективное сечение деления ядер этих изотопов для быстрых нейтронов оценивалось в $\sigma_f \sim 3$ барн. Вероятное значение критической массы для U-235 и Pa-231 оценивалось в пределах 0,5–10 кг.

В предложениях Г.Н. Флерова отмечалось, что существенным препятствующим фактором для организации взрывного процесса деления ядер является естественный нейтронный фон, который складывается из трех компонент:

- нейтронов космического излучения;
- нейтронов спонтанного деления;
- нейтронов, нарабатываемых в процессе α -распада ядер в реакции (α, n) .

Г.Н. Флеров впервые отметил важность влияния на энерговыделение ядерного взрыва уровня надкритичности системы в момент взрыва и времени разлета активного материала в процессе взрыва. В его письме даны приближенные оценки энерговыделения ядерного взрыва.

В письме содержится принципиальная схема ядерного заряда на принципе сближения. Вместе с тем в этой работе отмечается важность осуществления сжатия ядерного вещества, что может рассматриваться в известной степени как прообраз имплозии. В этом устройстве было предложено использовать энергию взрыва химических ВВ для перевода системы из подкритического состояния в надкритическое.

К осени 1942 года относится информация о первом знакомстве И.В. Курчатова с разведывательными материалами, полученными из Великобритании. 27 ноября 1942 года им была представлена записка В.М. Молотову с анализом данных, полученных разведкой, и был сформулирован ряд предложений по организации работ по созданию атомного оружия в СССР. Представляет несомненный интерес привести результаты этого анализа и предложений.

И.В. Курчатов отмечает достижения Великобритании по установлению возможности создания ядерного реактора на основе природного урана и тяжелой воды. Уникальный эксперимент, который позволил сделать этот вывод, был обусловлен благодаря тому, что в Великобритании оказалось примерно 180 кг тяжелой воды, вывезенной из Норвегии, и составлявшей в то время почти весь мировой запас этого материала.

Одной из ключевых физических характеристик, определяющей возможность осуществления цепной реакции в атомной бомбе, является эффективное сечение деления U-235 быстрыми нейтронами. По данным измерений, проведенных в Великобритании, $\sigma_f = 2,1$ барн для энергии нейтронов 0,35 МэВ и $\sigma_f = 1,5$ барн для энергии нейтронов 0,8 МэВ. (Среднее значение сечения деления в этом интервале энергии нейтронов было определено в то время в 1,8 барн; по современным представлениям оно равно 1,25 барн). На основании этих данных значение критической массы U-235 было оценено от 9 до 43 кг. И.В. Курчатов отмечает, что в Великобритании рассматривались способы разделения изотопов урана методами термодиффузии, центрифугирования и газовой диффузии. По результатам этого рассмотрения был сделан вывод о наибольшей перспективности метода газовой диффузии для разделения изотопов урана по сравнению с методами центрифугирования и термодиффузии.

На основании анализа материалов И.В. Курчатов сделал ряд выводов:

- об отставании СССР по сравнению с Великобританией и США в исследованиях по атомному проекту;
- хотя из материалов напрямую не следовал вывод об осуществимости создания урановой бомбы, представленный материал практически не оставлял сомнений в том, что такой вывод в Великобритании и США уже был сделан;

- для ускорения работ по атомному проекту необходимо было привлечь ряд специалистов (перечислены: А.И. Алиханов, Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович, И.К. Кикоин, А.П. Александров, А.И. Шальников);
- для руководства работами по атомному проекту при ГКО СССР необходимо учредить Специальный комитет (это предложение было реализовано только в августе 1945 года), в состав которого могли бы войти такие ученые как А.Ф. Иоффе, П.Л. Капица, Н.Н. Семенов.

И.В. Курчатов предложил жестко ограничить доступ к информации, предоставляемой разведкой, с тем, чтобы в полном объеме эта информация могла быть доступна двум, трем ученым. Вместе с тем, отдельные части этой информации должны быть доступны для более широкого круга специалистов. Так, например, он предложил ознакомить Я.Б. Зельдовича и Ю.Б. Харитона, работавших тогда в Институте химической физики, с материалами по технологии разделения изотопов урана, полученными разведкой, с тем, чтобы они могли оценить перспективность метода газовой диффузии, а также оценить возможности технологии центрифугирования, предложенной Ф.Ф. Ланге.

И.В. Курчатов сформулировал ряд вопросов, которые было бы целесообразно выяснить, используя возможности разведки:

- особенности технологии определения в Великобритании сечений деления урана для быстрых и медленных нейтронов (в том числе, в системе на основе урана и тяжелой воды);
- данные о количестве вторичных нейтронов при делении ядер U-235 быстрыми нейтронами;
- информацию о создании и характеристиках работы модели аппарата для разделения изотопов урана методом газовой диффузии;
- информацию об эффективном способе получения гексофторида урана.

В конце 1942 – начале 1943 года ведущие специалисты по урановому проекту сформулировали ряд предложений, необходимых для реализации Распоряжения ГКО «Об организации работ по урану».

В предложениях И.В. Курчатова, направленных А.Ф. Иоффе (ответственному лицу за реализацию Распоряжения ГКО), отмечалось, что к декабрю 1942 года:

- В Радиевом институте проведена предварительная подготовка по ряду направлений:
 - задача изготовления значительного количества (около одного килограмма) гексафторида урана;
 - развитие аппаратной базы для физических исследований;
 - создание лабораторной установки для термодиффузионного разделения изотопов урана в газовой фазе на основе гексафторида урана (за два месяца работы установки предполагалось получить 5 граммов урана, обогащенного по изотопу U-235 до 4%);
 - изучение физико-химических свойств гексафторида урана (уравнение состояния, коррозионное воздействие на конструкционные материалы, вязкость, теплопроводность);
 - проведение экспериментов по термодиффузии в жидкой среде.
- В Физическом институте АН СССР имеется циклотронная камера, которая позволяет получать дейтроны с энергией около 1 МэВ.
- Для проведения работ достаточно количества радия, имеющегося в Радиевом институте, вместе с тем, необходимо получение из-за рубежа протактиния в количестве 1–2 мг.

В декабре 1942 года свои предложения А.Ф. Иоффе представил А.И. Алиханов. Он предлагал:

- для соблюдения секретности, наряду с закрытыми работами, проводить близкие по тематике и по методике открытые работы, рассматриваемые как продолжение работ, проводившихся в довоенное время;
- для получения нейтронных источников различной активности, изготавливаемых в Радиевом институте (на основе смеси радий–бериллий) необходимо выделить 1–1,5 г радия (использование такого количества радия в радий–бериллиевом нейтронном источнике позволяло получить источник с интенсивностью выхода нейтронов около 10^6 н/сек);
- для аппаратного обеспечения Специальной лаборатории необходимо доставить научное оборудование, имеющееся в Ереване и в Ленинграде;
- необходимо произвести большую закупку урана;

- для работы в составе Специальной лаборатории должны быть привлечены сотрудники лабораторий А.И. Алиханова и И.В. Курчатова. В том случае, если для решения поставленных задач потребуется перевозка и эксплуатация циклотрона, то для проведения работ необходимо привлечь целый ряд сотрудников Радиевого института и Ленинградского физико-технического института.

В январе 1943 года В.Г. Хлопин направил А.Ф. Иоффе свои предложения по организации работ по атомному проекту. К основным вопросам, которые должны быть решены, В.Г. Хлопин отнес:

- возможно ли создание цепной реакции деления ядер U-235 на быстрых или медленных нейтронах на природном уране или для этих целей требуется их предварительное разделение;
- какова критическая масса материалов для различных типов протекания цепной реакции;
- возможно ли выделение изотопа U-235 в практически необходимых количествах и какой метод является для этого наиболее перспективным. В.Г. Хлопин еще раз отмечает принципиальное значение осуществления цепной реакции на природном уране, если для этого существует какая либо возможность.

Из перечня вопросов В.Г. Хлопина следует, что он не был знаком с данными разведывательных материалов, предоставленными И.В. Курчатовым. К основным первоочередным направлениям работ в Специальной лаборатории В.Г. Хлопин относит:

- опытную проверку и определение характеристик метода центрифугирования, предложенного Ф.Ф. Ланге для разделения изотопов урана;
- получение на установке Ф.Ф. Ланге необходимого количества чистого изотопа U-235 и определение основных характеристик процесса деления;
- экспериментальную проверку возможностей разделения изотопов урана методом термодиффузии в газах и жидкостях;
- оценку и проверку возможностей диффузионного метода разделения изотопов урана;
- получение необходимых количеств (1–2 кг) соединений UF_6 и UCl_5 для проведения исследований по разделению изотопов;
- получение необходимого количества металлического урана высокой чистоты (около 3 кг);
- экспериментальную проверку возможности или невозможности осуществления цепной реакции на природном уране.

2. РАБОТЫ ПО АТОМНОМУ ПРОЕКТУ В 1943 ГОДУ

2.1. Первые шаги деятельности Специальной лаборатории по атомному ядру

Основная деятельность по атомному проекту СССР в 1943 году была связана с организацией и развитием работ Специальной лаборатории по атомному ядру АН СССР, созданной в соответствии с распоряжением ГКО.

В январе 1943 года уполномоченный ГКО С.В. Кафтанов и ответственный за реализацию работ по Распоряжению ГКО А.Ф. Иоффе определили основную организационную структуру предстоящих работ. Работы по разделению изотопов урана методом центрифугирования и по изучению свойств U-235 должны были выполнять, в основном, специалисты Ленинградского физико-технического института и ряд физиков, работающих в других институтах АН СССР и АН УССР под руководством А.И. Алиханова. Работы по созданию технологий выделения урана из урановых руд и разделению изотопов урана методом термодиффузии должны были выполнять специалисты Радиевого института под руководством В.Г. Хлопина. Первую группу исследований предполагалось выполнять, в основном, в Москве, а вторую группу исследований – в Казани. Общее руко-

дство всей работой должно было быть возложено на профессора И.В. Курчатова. При этом предполагалось, что допуск ко всей проблеме в целом будут иметь только С.В. Кафтаны, А.Ф. Иоффе, А.И. Алиханов, И.В. Курчатов и И.К. Кикоин. В связи с информацией, полученной из Великобритании, С.В. Кафтаны и А.Ф. Иоффе определили необходимость развития работ по разделению изотопов методом газовой диффузии сквозь пористые перегородки наряду с уже получившими в СССР некоторое развитие методами центрифугирования и термодиффузии. Эти предложения были направлены заместителю председателя ГКО В.М. Молотову.

11 февраля 1943 года Распоряжением ГКО были определены дополнения в организации работ по урановому проекту. Это Распоряжение поручило М.Г. Первухину и С.В. Кафтанову непосредственное руководство работами по атомному проекту, включая обеспечение систематической поддержки работ Специальной лаборатории по атомному ядру. Научное руководство работами по атомному проекту было поручено И.В. Курчатову. К июлю 1943 года И.В. Курчатову предписывалось провести необходимые исследования и представить в ГКО доклад о возможности создания атомной бомбы или уранового топлива для ядерных реакторов.

В первоначальном проекте Распоряжения предполагалось, что общее руководство атомным проектом вместе с М.Г. Первухиным и С.В. Кафтаны будет осуществлять А.Ф. Иоффе. Предполагалось также, что ключевой доклад в ГКО по атомной проблеме в июле 1943 года будет представлен А.Ф. Иоффе и И.В. Курчатовым. Отсутствие в окончательном тексте Распоряжения ГКО поручений А.Ф. Иоффе, назначенному предыдущим Распоряжением ответственным лицом за проблему, было обусловлено, по-видимому, неудовлетворительной оценкой развития работ.

В феврале 1943 года А.Ф. Иоффе предпринял в рамках атомного проекта две инициативы. Первая инициатива была связана с организацией доставки из США около 1 мг протактиния. Основанием для получения этого материала была формулировка о необходимости проведения работ по исследованию спонтанного деления этого изотопа. Вторая инициатива А.Ф. Иоффе была связана с предложением директору Института органической химии АН СССР А.Н. Несмеянову о проведении работ по исследованию металлоорганических соединений урана. Целью этой инициативы был поиск материалов, пригодных для разделения изотопов урана методом газовой диффузии.

В конце января 1943 года И.В. Курчатов и А.И. Алиханов составили план работ Специальной лаборатории по атомному ядру на 1943 год, который был представлен С.В. Кафтанову и направлен В.М. Молотову вместе с проектом указанного выше Распоряжения ГКО. Этот план предполагал проведение исследований по трем группам вопросов:

- физика процесса деления урана;
- разделение изотопов;
- химические исследования.

Первая группа исследований должна была включать в себя следующие основные направления:

- обоснованное доказательство невозможности создания атомной бомбы на природном уране (выполнение этой работы было обусловлено получением из-за границы необходимого количества металлического урана);
- обоснованное доказательство невозможности создания ядерного реактора на природном уране и обычной воде (выполнение этой работы было обусловлено поставкой в Специальную лабораторию 100 кг солей урана);
- определение эффективного сечения деления U-235 нейтронами с энергией от 0,2 до 0,8 МэВ;
- создание циклотрона для получения мощных потоков нейтронов различной энергии;
- создание методов диагностики начальной стадии цепной реакции при ее реализации на природном уране и уране, частично обогащенном изотопом U-235.

Вторая группа исследований должна была включать в себя следующие основные направления:

- разработку технологии разделения изотопов урана методом центрифугирования Ф.Ф. Ланге (экспертиза метода была поручена И.К. Кикоину);
- получение методом термодиффузии урана, частично обогащенного изотопом U-235 (порядка 4%) в Радиовом институте;
- разработка метода разделения изотопов урана газовой диффузией (руководство этими работами должны были осуществлять И.В. Курчатов, И.К. Кикоин, А.И. Алиханов);

- исследования возможностей разделения изотопов урана электромагнитным методом (руководитель – Л.А. Арцимович).

Третья группа исследований должна была включать в себя следующие основные направления:

- получение в Радиевом институте одного килограмма гексафторида урана и исследование его свойств;
- получение в Радиевом институте 10 кг металлического урана.

2.2. Организационные мероприятия по формированию и укреплению работ Специальной лаборатории по атомному ядру

Существенным шагом в укреплении организационной структуры работ по атомному проекту явилось назначение И.В. Курчатова начальником Специальной лаборатории по атомному ядру (Лаборатория № 2 АН СССР). Это назначение было оформлено 10 марта 1943 года Распоряжением № 122 по АН СССР.

Для придания необходимого статуса руководителям работ по атомному проекту, в 1943 году было решено выдвинуть И.В. Курчатова и А.И. Алиханова в действительные члены Академии Наук. 27–29 сентября И.В. Курчатов и А.И. Алиханов были выбраны в действительные члены АН СССР на общем собрании Академии по Отделению физико-математических наук (академик-секретарь отделения – А.Ф. Иоффе). 29 сентября 1943 года общее собрание АН СССР утвердило произведенные Отделением физико-математических наук выборы в члены-корреспонденты Академии наук А.П. Александрова и И.К. Кикоина, основных помощников И.В. Курчатова в реализации первых стадий атомного проекта.

В марте 1943 года И.В. Курчатов предложил привлечь к работам по атомному проекту Л.Д. Ландау и П.Л. Капицу. Он отмечал, что уникальные условия протекания ядерного взрыва требуют проведения теоретического анализа процессов на чрезвычайно высоком уровне, и для этого необходимо привлечение профессора Л.Д. Ландау. Разделение изотопов и создание соответствующих аппаратов требует поддержки П.Л. Капицы – крупного ученого, имеющего глубокие знания в области физики и обладающего талантом инженера.

В мае 1943 года И.К. Кикоин проводил экспертизу состояния работ по созданию установок для разделения изотопов методом центрифугирования. В своей записке И.В. Курчатову он отметил неудовлетворительное состояние работ, в том числе, полное отсутствие экспериментов на какой-либо модели установки. Он отметил также серьезные конструкционные недостатки разрабатываемых аппаратов.

В июле 1943 года в своем отчете И.В. Курчатов отмечает кадровое укрепление Лаборатории № 2 в первом полугодии 1943 года. В работах Лаборатории активно участвуют как специалисты, занимавшиеся проблемой урана до войны (И.В. Курчатов, Я.Б. Зельдович, Ю.Б. Харитон, Г.Н. Флеров, К.С. Петржак), так и ряд крупных специалистов, занимавшихся ранее другими вопросами (А.И. Алиханов, С.А. Христианович, И.К. Кикоин, М.О. Корнфельд, И.Я. Померанчук, Б.В. Курчатов). К исследованиям в рамках атомного проекта были привлечены группы специалистов в ряде научных учреждений: Радиевый институт (руководитель – В.Г. Хлопин); Институт органической химии (руководитель – А.Н. Несмеянов); Московский Государственный университет (руководитель – В.И. Спицын); Институт редких металлов. Все привлеченные группы из других институтов работали по специальным заданиям Лаборатории № 2.

В августе 1943 года М.О. Корнфельд представил И.В. Курчатову записку о возможностях получения тяжелой воды, необходимой для исследований Лаборатории № 2. В записке отмечается, что для получения воды, слабообогашенной дейтерием, могут использоваться возможности Московского электролизного завода. Однако для получения тяжелой воды с большим содержанием дейтерия целесообразно использовать возможности Чирчикского электролизного завода.

В августе 1943 года Распоряжением ГКО ЦАГИ было предписано подготовить проект газодиффузионной установки для разделения изотопов урана под руководством С.А. Христиановича. Это же распоряжение обязывало М.Г. Первухина и С.В. Кафтанова представить в декабре 1943 года в ГКО предложение на изготовление газодиффузионной машины.

В конце 1943 года И.В. Курчатов представил отчет М.Г. Первухину о состоянии работ по атомной проблеме. В своем отчете он отмечает:

- в сентябре 1943 года начались испытания центрифуги для разделения изотопов. Испытания проводились для смеси легких газов. Был обнаружен эффект разделения, однако проектные параметры установки не были реализованы. Проведение экспериментов с разделением изотопов урана задерживается из-за отсутствия необходимых количеств гексафторида урана;
- для получения гексафторида урана необходим металлический уран, накопление которого производится в Институте редких металлов. Впервые в СССР (НИИ-42, Наркомат химической промышленности) получено небольшое количество гексафторида урана. Свойства гексафторида урана и его воздействие на различные материалы еще не изучено и эту работу необходимо провести в НИИ-42. Ранее эта задача была поручена Радиевому институту, однако она не была им решена;
- в Радиевом институте были измерены характеристики деления U-235 быстрыми нейтронами. Это первые экспериментальные данные, полученные по этому вопросу в СССР;
- получение тяжелой воды необходимо для создания ядерного реактора, работающего на природном уране и тяжелой воде. Разработан проект экспериментальной установки для получения тяжелой воды. Этот проект передан для изготовления установки в Наркомат химической промышленности;
- проект газодиффузионной машины лабораторией ЦАГИ в срок не выполнен. Независимо от этого проекта Лаборатория № 2 создает упрощенную модель газодиффузионной машины в Свердловске;
- происходит задержка с созданием циклотрона из-за сдвига сроков поставки электромагнита;
- эксперименты, проведенные Лабораторией № 2, показали, что типовая продукция графитовых заводов СССР непригодна для использования в уран-графитовом ядерном реакторе, так как типовой графит содержит значительное количество примесей, которые поглощают нейтроны. В связи с этим необходимо решить новую задачу – получение чистого графита, к решению которой по просьбе Лаборатории № 2 приступил Московский электродный завод.

В декабре 1943 года М.Г. Первухин поручил директору НИИ-42 Г.И. Гаврилову форсировать работы по получению гексафторида урана. При этом предписывалось с апреля 1944 года производить 10 кг UF_6 в месяц, а также разработать проект завода, с производительностью 100 кг гексафторида урана в сутки. НИИ-42 предписывалось в 1944 году исследовать физико-химические свойства UF_6 и представить результаты этих исследований в Лабораторию № 2.

3. РАБОТЫ ПО АТОМНОЙ ПРОБЛЕМЕ В 1944 ГОДУ И ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 1945 ГОДА

Основные направления работ в этот период были связаны с анализом разведывательной информации по вопросам разделения изотопов урана, особенностей работы ядерных реакторов и устройства атомной бомбы и с проведением собственных исследований в этих целях.

Существенным фактором, ограничивающим развитие отечественного атомного проекта, было отсутствие необходимых количеств урана, и здесь важным фактором явилась возможность получения немецкого урана после победы в Великой Отечественной войне.

3.1. Вопросы разделения изотопов урана и создание ядерных реакторов

4 января 1944 года И.К. Кикоин и А.И. Алиханов направили М.Г. Первухину записку «Состояние проблемы разделения изотопов урана» по итогам работы за 1943 год. В записке отмечается,

что по представленным разведматериалам и данным собственных исследований эта задача принципиально и технически вполне осуществима. Наиболее приемлемым с технической точки зрения был признан газодиффузионный метод разделения изотопов урана с использованием в этих целях UF_6 . В качестве основных задач, рассмотрение которых определяет возможность осуществления проекта, отмечались:

- проектирование газодиффузионной установки;
- проблема технологии промышленного изготовления сеток;
- получение гексафторида урана и стойких в его среде вспомогательных материалов.

Относительно центробежного метода разделения изотопов отмечалось, что работы ведутся форсированными темпами, но методика центробежного разделения оказалась технически чрезвычайно трудной.

По разведанным, представленным в январе 1944 года, Эрнест Лоуренс на электромагнитной разделительной установке в США получил несколько граммов U-235. При этом ожидалось, что к марту 1945 года производство U-235 составит приблизительно 450 граммов в сутки. Этот метод был ранее неизвестен в СССР и сильно заинтересовал И.В. Курчатова, который поручил провести исследования по этому вопросу М.Г. Мещерякову. При этом в материалах отмечалось, что основное внимание в США уделяется газодиффузионному методу, и началось строительство большого завода производительностью до 1 кг U-235 в сутки в городе Ноксвилл.

В июле 1944 года И.В. Курчатов представил М.Г. Первухину записку о рассмотрении материалов по уран-графитовым реакторам, полученных от ГРУ. Он отметил, что значительная часть материалов является секретным справочником по уран-графитовым котлам. Этот справочник очень ценен, так как в нем суммировалась грандиозная по объему работа по определению важнейших физических констант для уран-графитового реактора. В справочнике приведены коэффициенты расширения, теплопроводности, электропроводности, указана механическая прочность графита и урана. Даны температуры плавления, кипения, кривые упругости паров разнообразных урановых соединений, причем многие из них были синтезированы в последнее время и не были известны в СССР. В справочнике даны таблицы и графики для определения размеров уран-графитового котла в зависимости от его формы (параллелепипед, цилиндр, шар) и коэффициенты мультипликации нейтронов. Приведенные данные для определения толщины слоев различных материалов, необходимых для защиты персонала от вредных излучений котла.

В записке И.В. Курчатов отмечает, что успешный запуск первого котла в 1942 году позволил американцам приступить к сооружению второго котла мощностью в 1 МВт с производительностью до 1 грамма плутония в сутки. Вес графита в котле составлял около 500 тонн, урана – 50–70 тонн, а котел имеет форму параллелепипеда с размером стороны около 7 м.

В декабре 1944 года при рассмотрении обзора разведанных И.В. Курчатов, в частности, отметил важность информации о существовании радиационного захвата нейтронов ураном-235 и плутонием-239 и отступлением от закона $1/v$ в поглощении медленных нейтронов. Он отметил, что представляется удивительным, что сечение радиационного захвата плутония-239 достигает практически тех же значений, что и сечение деления этого изотопа, и что было бы важно получить более подробные данные по этому вопросу, а также о постановке экспериментов, в которых был определен выход 3 нейтронов, на каждое деление ядра плутония тепловым нейтроном.

В записке В.А. Махнева Л.П. Берии (апрель 1945 года) о сроках создания атомной бомбы, в частности, отмечается, что диффузионный завод при Лаборатории № 2 для получения урана-235 предполагается пустить в 1947 году. Его производительность оценивалась в 25 кг U-235 в год. Исходя из затрат от 1 до 10 кг U-235 на изготовление одной атомной бомбы, предполагалось, что в 1947 году можно будет изготовить от 2 до 25 опытных бомб.

Уже в начале 1944 года предполагалось ускорение работ по производству металлического урана (до 500 кг к концу года). В мае–июне 1945 года были получены первые образцы металлического урана высокой чистоты.

В связи с острой нехваткой урана в СССР 8 марта 1945 года было выпущено Постановление ГКО «О мероприятиях по обеспечению геологоразведочных работ по урану в 1945 году». Это постановление обязало Комитет по делам геологии интенсифицировать поиск богатых урановых месторождений в СССР. 14 августа 1945 года Комитет по делам геологии направил Л.П. Берии запис-

ку о результатах поисков урановых месторождений в СССР в соответствии с постановлением ГКО. В качестве перспективных месторождений были определены месторождения в Бухарской области Узбекской ССР, в Джелалабадской области Киргизской ССР, отмечалась перспективность Уйгурсайского месторождения в Наманганской области Узбекской ССР, месторождений в полосах сланцев Эстонской ССР.

3.2. Анализ особенностей создания атомной бомбы

В начале 1944 года А.И. Алиханов, по-видимому, впервые в СССР рассмотрел вопрос о возможности создания средств противодействия атомному оружию. В записке от 4 января 1944 года, представленной И.В. Курчатову, в качестве такого способа он предлагал облучение атомного заряда, работающего на принципе сближения, сильным потоком нейтронов, что вызовет преждевременное нейтронное инициирование заряда и снижение его энерговыделения на несколько порядков.

В записке отмечается, что в атомной бомбе могут быть предприняты специальные меры защиты от такого воздействия – в виде окружения бомбы слоем богатого водородом вещества или при нахождении бомбы в грунте на глубине нескольких метров.

В записке секретариата СНК СССР «О состоянии работ по урану», выполненной на основе анализа И.В. Курчатова, отмечается, что в работах, выполненных Радиевым институтом, установлено, что вероятность взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами U-235 высока, что соответствует данным, изложенным в материалах разведки. Подобных собственных измерений ранее в СССР не было, а разведанные в этой части вызывали сомнение. В записке сделан вывод, что в случае изготовления бомбы из U-235 ее вес может быть небольшим.

В записках И.В. Курчатова М.Г. Первухину и И.В. Сталину рассматривалась атомная бомба на принципе сближения (осуществляемым пороховыми зарядами) с использованием U-235 или Pu-239. Количество необходимых ядерных материалов оценивалось от 2 до 5 кг (май 1944 года).

В 1944 году, по каналам разведки, в СССР из США были направлены образцы урана и бериллия.

В середине 1944 года Ю.Б. Харитон подготовил предложение к проекту распоряжения ГКО о мерах по разработке конструкции атомной бомбы. В этих целях, в частности, предполагалось организовать в Лаборатории № 2 специальную группу для научно-исследовательской и конструкторской разработки вопросов, связанных с осуществлением создания атомной бомбы, изготовлением опытного образца и со сдачей законченного образца правительственной комиссии.

В марте 1945 года И.В. Курчатов после рассмотрения новой информации об атомной программе США отметил, что атомная бомба может быть приведена в действие двумя способами:

- быстрым сближением двух половин заряда урана-235 или плутония-239, находящихся первоначально на расстоянии 0,5–1 метра друг от друга;
- уплотнением зарядов урана-235 или плутония-239 мощным взрывом тротила, окружающего эти вещества.

Величина критического значения массы ядерного заряда не могла быть определена с необходимой точностью и по разным оценкам составляла от 1 до 10 кг. По предварительным расчетам, общий вес атомной бомбы, содержащий от 5 до 10 кг урана-235 или плутония и эквивалентной по своему действию взрыву от 10 000 до 50 000 тонн тротила, мог составить от 3 до 5 тонн.

7 апреля 1945 года И.В. Курчатов дал заключение на разведанные, поступившие из НКГБ. Материалы относились к ядерным характеристикам изотопов урана и плутония, схеме работы атомной бомбы на принципе имплозии, а также к некоторым вопросам электромагнитного разделения изотопов урана.

К новым существенным данным И.В. Курчатов относит данные о «поразительно высокой» вероятности спонтанного деления Pu-240, а также таблицу точных сечений деления U-235 и Pu-239 быстрыми нейтронами разных энергий. Эти данные позволили надежно определить критические размеры атомной бомбы. Он отмечает, что мы пришли к тем же оценкам эффективности (энерговыделение) и к тому же закону пропорциональности эффективности бомбы кубу превышения ее массы над критической массой, что и в представленных материалах.

В записке отмечалось, что мы только что узнали о методе имплозии и начинаем над ним работу, однако его преимущества перед методом пушечного сближения уже ясны. В полученных материалах этому методу посвящен основной объем и, частности, были даны:

- схема распространения детонации во взрывчатом веществе и процесс деформации материала, окружающего ядерный заряд;
- описание процессов сжатия тела взрывом и самого взрыва;
- особенно существенны были указания на условия, при которых возможно получить симметричность эффекта взрыва, необходимую по самому существу метода;
- описание явлений неравномерного действия взрывной волны и способов устранения этой неравномерности;
- описание техники экспериментов со взрывчатыми веществами и оптики взрывных явлений.

3.3. Данные и поставки из Германии

30 марта 1945 года И.В. Курчатов представил отзыв на материалы ГРУ «О немецкой атомной бомбе». Материал содержал описание конструкции немецкой атомной бомбы, предназначенной для транспортировки на ракете «Фау». В нем, в частности, отмечалось, что перевод U-235 через критичность производился взрывом окружающего ядерный заряд состава из пористого тротила и жидкого кислорода. Цепная реакция инициировалась быстрыми нейтронами при помощи высоковольтной разрядной трубки, питаемой от специальных генераторов. И.В. Курчатов отметил, что все детали конструкции вполне правдоподобны и совпадают с теми, которые у нас кладутся в основу проектирования атомной бомбы.

В начале 1946 года И.В. Курчатов писал: «До мая 1945 года не было надежд осуществить уран-графитовый котел, так как в нашем распоряжении было только 7 тонн окиси урана и не было надежды, что нужные 100 тонн урана будут выработаны ранее 1948 года. В середине 1945 года Л.П. Берия направил в Германию специальную группу работников Лаборатории № 2 и НКВД во главе с А.П. Завенягиным для розыска урана. В результате большой работы группа нашла и вывезла в СССР 300 тонн окиси урана и его соединений (в том числе 7 тонн металлического урана), что серьезно изменило положение».

В 1945 году из Германии в СССР была перевезена лаборатория Манфреда фон Арденне, и на ее базе в Сухуми был создан Институт прикладной электронной и ядерной физики (Лаборатория «А» Девятого управления НКВД). В задачи института входило:

- разработка способа разделения изотопов урана электромагнитным методом;
- развитие работ по электронной микроскопии и ее применению в биологии;
- исследования (с использованием циклотрона и высоковольтной установки) применения ядерных излучений в физике, биологии и медицине;
- развитие техники телевидения и радиолокации.

В СССР также была вывезена лаборатория концерна Сименс во главе с Густавом Герцем, и на ее базе в Сухуми был создан институт (Лаборатория «Г» Девятого управления НКВД). В задачи института входило изучение точных методов исследования деления ядер U-235 и плутония, разработка новых способов получения тяжелой воды и U-235.

В ноябре 1945 года американские физики Вайнберг и Нордгейм по заданию Артура Комптона провели анализ состояния немецких атомных исследований. В отчете содержался вывод, что немцам были известны оптимальные размеры тяжеловодного реактора, точно было определено количество тяжелой воды, чистота металлического урана была близка к полученной в США, были разработаны такие же, как в США, методы расчета реакторов. Уровень понимания немцами проблемы был вполне сравним с американским и единственным важным обстоятельством, не известным немцам, было незнание свойств изотопа Pu-240 и факта отравления реактора изотопом Xe-135. Неудача немецкой атомной программы объяснялась недостаточным количеством тяжелой воды.

4. ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, ПОЛУЧЕННЫЕ РАЗВЕДКОЙ СССР

Из опубликованных открытых материалов архивов виден огромный массив данных, полученных разведкой, по различным аспектам реализации атомного проекта. Значение этих данных в условиях дефицита собственных исследований, определяемого военным временем, очевидно для специалиста и неоднократно подчеркивалось научным руководителем нашего атомного проекта И.В. Курчатовым. Для более последовательного восприятия этой информации представляется целесообразным разделить ее по нескольким основным направлениям. Данные по каждому направлению приведены в хронологическом порядке по мере их получения.

Анализ этих вопросов приведен в Приложении к этому разделу.

4.1. Устройство атомной бомбы

1941–1942 годы.

1. По данным из Великобритании, перспективным материалом для создания атомной бомбы является уран-235, обладающий свойствами эффективного расщепления и являющийся одним из изотопов природного урана.

2. По данным из Великобритании, количество вещества меньше критического значения устойчиво и безопасно, в то время как в случае массы вещества больше критической возникает прогрессирующая реакция расщепления ядер, вызывающая колоссальной силы взрыв.

С этой целью при создании атомной бомбы активная часть должна состоять из двух равных половинок, каждая из которых меньше критического значения, но в своей сумме превышающих критическую массу, и которые для производства взрыва должны быть соединены (принцип сближения). Необходимая скорость сближения масс оценена в 6000 футов в секунду (1,8 км/сек). Отмечается, что при уменьшении этой скорости происходит затухание цепной реакции и уменьшение силы взрыва, которая, однако, все еще значительно превосходит силу взрыва обычного ВВ.

Отмечается, что энерговыделение взрыва атомной бомбы будет соответствовать действию взрыва 1600 тонн тротила.

1943 год.

3. Информация из Великобритании о возможности использования в качестве материала для атомной бомбы элемента 94 с массовым числом 239 (плутоний-239), который может нарабатываться в урановых котлах.

4. В связи с данными из Великобритании о процессе самопроизвольного деления урана И.В. Курчатов отмечает, что этот процесс не позволяет до самого момента взрыва сосредотачивать уран в надкритической массе.

5. В связи с данными из Великобритании об использовании принципа сближения для создания атомной бомбы, И.В. Курчатов отмечает, что этот способ не является для нас новым, и аналогичный проект был предложен Г.Н. Флеровым.

6. В связи с данными из Великобритании о количестве и спектре вторичных нейтронов и величине сечения деления урана-235, И.В. Курчатов отмечает важность этих характеристик для определения минимального размера бомбы (критической массы) урана-235.

7. В связи с анализом разведданных о возможности получения в урановом котле эка-осмия (плутония) И.В. Курчатов формулирует тезис, что этот путь может привести к получению необходимого материала для атомной бомбы.

1945 год.

8. Информация о разработке в США двух способов производства взрыва атомной бомбы:

- баллистического (принцип сближения);
- метода внутреннего взрыва (принцип имплозии).

Расчетное энерговыделение атомной бомбы массой около 3 тонн составляет от 2000 до 10000 тонн ВВ. Ядерный взрыв будет сопровождаться не только образованием взрывной волны, но и развитием высокой температуры и мощным радиоактивным эффектом.

9. Оценка И.В. Курчатова, что «метод взрыва во внутрь представляет большой интерес, принципиально правилен и должен быть подвергнут серьезному анализу».

10. Информация об использовании в США в атомной бомбе отражателя нейтронов из окиси бериллия.

11. Получение данных по способу симметризации эффекта взрыва в атомной бомбе на основе имплозии за счет способа расположения детонаторов и использования прослоек взрывчатых веществ различного действия.

12. Получение предварительных данных об устройстве атомной бомбы США на принципе имплозии.

13. Получение подробных данных об устройстве атомной бомбы США на принципе имплозии, включая описание:

- нейтронного инициатора в виде полоний-бериллиевого источника нейтронов;
- активного материала в виде δ -фазы плутония;
- оболочки из металлического урана;
- алюминиевой оболочки;
- взрывчатого вещества и симметризирующей линзовой системы;
- особенностей сборки атомной бомбы.

4.2. Фундаментальные физические данные

1941–1942 годы.

1. По данным из Великобритании, критическая масса урана-235 определена в пределах 9–43 кг в зависимости от предположений о величине сечения деления урана, которое требует экспериментального уточнения.

Отметим, что верхнее значение приведенного диапазона (43 кг, которое близко к действительной критической массе урана-235, составляющей около 50 кг), содержащееся в исходных материалах, не попало в доклад сотрудников НКГБ для Л.П. Берия, и далее, в доклад Л.П. Берия И.В. Сталину, где используется значение 10 кг в качестве критической массы урана-235.

1943 год.

2. По данным из Великобритании отмечается факт подтверждения процесса самопроизвольного деления урана (открыт Г.Н. Флеровым и К.А. Петряком).

3. Данные из Великобритании содержат фактические значения сечения деления ядер U-235 на уровне $\sigma_f = (2-3)$ барн в диапазоне энергий нейтронов от 200 до 800 кэВ. И.В. Курчатов отмечает важность этих данных, так как ранее экспериментальные данные охватывали только небольшую область энергий нейтронов, а теоретические результаты давали различные результаты для существенного диапазона энергий нейтронов от 1 кэВ до 1 МэВ.

И.В. Курчатов приводит в своем анализе две теоретические кривые для сечения деления, по одной из которых сечение деления составляет (1–3) барн, а по другой – (0,03–3) барн в диапазоне энергий нейтронов от 100 эВ до 1 МэВ. (Отметим, что по современным данным сечение деления урана-235 в диапазоне энергий нейтронов от 200 до 800 кэВ составляет $\sigma_f = 1,32$ барна).

4. Данные из Великобритании содержат значения числа вторичных нейтронов на акт деления ($\nu = 2-3$ нейтрона), а также энергетический спектр вторичных нейтронов.

И.В. Курчатов отмечает необходимость выяснения: к каким (быстрым или медленным) нейтронам относятся эти данные и отмечает их важность, если они относятся к быстрым нейтронам (отметим, что по современным данным для урана-235 $\nu = 2,42-3,04$ во всем энергетическом диапазоне от тепловых нейтронов до энергий в несколько мегаэлектронвольт, а энергетическое распределение вторичных нейтронов практически не зависит от энергии нейтронов, делящих ядро).

5. В связи с возможностью использования эка-осмия-239 (плутония) в качестве материала для атомной бомбы И.В. Курчатов отмечает необходимость получения данных о характеристиках деления ядер этого изотопа.

1944 год.

6. Информация о существовании радиационного захвата нейтронов ураном-235 и плутонием-239. Данные о том, что сечение радиационного захвата плутония-239 для медленных нейтронов близко к сечению деления. Данные о том, что число вторичных нейтронов при делении плутония-239 медленными нейтронами равно трем. Информация об отступлении от закона $1/v$ в сечении поглощения медленных нейтронов.

7. Получение данных о сечениях взаимодействия нейтронов с ураном, свинцом, кислородом, водородом.

8. Получение данных о числе нейтронов ($\nu = 2,6 \pm 0,5$) при спонтанного делении.

1945 год.

9. Получение точных данных сечений деления урана-235 и плутония-239 быстрыми нейтронами различных энергий.

10. Получение данных о точных значениях критических радиусов для урана-235 и плутония-239.

11. Получение данных о числе вторичных нейтронов, образующихся при делении.

12. Получение данных о процессе спонтанного деления для плутония-240.

13. Получение данных по схеме распространения детонационной волны, процессе деформации материала отражателя, сжатия тела взрывом.

14. Получение данных о свойствах плутония в различных фазах и его сжимаемости.

15. Получение данных о сечениях деления урана-233 и о возможности его использования для создания атомной бомбы.

4.3. Разделение изотопов

1941–1942 годы.

1. Для практического получения материала для атомной бомбы (уран-235) в Великобритании рекомендован метод разделения изотопов урана при помощи диффузионного аппарата.

Исходным сырьем для процесса разделения предполагается гексафторид урана, являющийся химически активным веществом, что приводит к усложнению процесса.

1943 год.

2. В материалах, полученных из Великобритании, отмечается, что единственным рациональным способом разделения изотопов урана является газодиффузионный метод. Материалы содержали подробное рассмотрение всех звеньев разделительной машины, которое позволяло разработать у нас модели разделительной установки.

Предпочтение метода диффузии методу центрифугирования явилось для наших специалистов неожиданностью, так как метод диффузии считался у нас практически непригодным для разделения изотопов тяжелых элементов.

3. В материалах, полученных из Великобритании, кратко рассматривались методы термодиффузии, центрифугирования и электромагнитный метод для разделения изотопов урана, которые характеризовались как малопригодные способы для решения данной задачи.

Работы по анализу возможностей этих методов проводились под руководством Я.Б. Зельдовича, Ф.Ф. Ланге, Л.А. Арцимовича.

4. В материалах, полученных из США, отмечается, что из нескольких методов разделения изотопов урана наиболее пригодным является метод газовой диффузии с использованием гексафторида урана, и с этой целью в США начато строительство производственных установок.

1944 год.

5. Получение данных о разработке в США Эрнстом Лоуренсом электромагнитного способа разделения изотопов урана.

6. Получение данных об использовании фтороуглеродов в качестве смазывающих веществ в разделительной машине и о способах их химического синтеза.

7. Получение данных о восстановлении металлического урана из четырехфтористого урана.

4.4. Ядерные реакторы

1942–1943 годы.

1. Информация из Великобритании об осуществимости цепной реакции в смеси окиси природного урана (или металлического урана) с тяжелой водой.

И.В. Курчатов пишет, что эта информация явилась неожиданной для наших физиков, вследствие противоречивых представлений о величине сечения захвата тепловых нейтронов в тяжелой воде. По данным Ю.Б. Харитона и Я.Б. Зельдовича, развитие цепной реакции в смеси «уран-тяжелая вода» возможно при условии, чтобы сечение захвата нейтронов тяжелым водородом не превышало $0,3 \cdot 10^{-26}$ см². По результатам опубликованных американских экспериментов, которыми мы пользовались, эта величина составляет 10^{-26} см², и таким образом мы пришли к выводу о невозможности осуществления цепной реакции в смеси «уран-тяжелая вода» (по современным данным сечение захвата тепловых нейтронов дейтерием составляет $0,06 \cdot 10^{-26}$ см²). В СССР не было этих экспериментальных данных из-за отсутствия необходимого количества тяжелой воды.

В связи с этой информацией, И.В. Курчатов отметил необходимость рассмотрения как возможно более перспективных неоднородных систем, когда уран сконцентрирован в блоках внутри тяжелой воды, и поручил Ю.Б. Харитону и Я.Б. Зельдовичу провести сравнительный анализ однородных и неоднородных систем.

2. Информация из Великобритании о возможности получения в урановом котле элемента-94 с массовым числом 239 при захвате нейтронов на уране-238, как материала для атомной бомбы.

3. Информация из США о подготовке производства тяжелой воды в количестве 250 кг в месяц.

1944 год.

4. Информация из США о возможности создания реактора на основе обычной воды и металлического урана.

5. Информация из США о способах очистки урана от нейтронно-поглощающих примесей.

6. Информация из США о способах охлаждения уран-графитового котла – водяным охлаждением и охлаждением гелием.

7. Получение из США секретного справочника по уран-графитовым реакторам.

8. Информация из США о параметрах урановой решетки в графите, данные о распределении тепловых нейтронов, о регулировании процесса в котле с помощью нейтронно-поглощающих стержней из бора или кадмия.

9. Информация о необходимом количестве тяжелой воды (3–4 тонны) для котла на тяжелой воде.

10. Данные о котлах на основе обычной воды и стержней урана, обогащенных по урану-235.

4.5. Организация работ

1941 год.

1. Работа по использованию урана для военных целей ведется во Франции, Великобритании, США и Германии с 1939 года.

2. В 1941 году Военный кабинет Великобритании сформировал Урановый комитет во главе с Дж.П. Томсоном для координации работ по теоретическим, экспериментальным и прикладным вопросам использования атомной энергии.

3. Значительные запасы урановой руды имеются в Канаде, Бельгийском Конго, в Судетах и Португалии.

4. В Великобритании в качестве основной проблемы в создании атомной бомбы определено выделение урана-235 из природного урана.

5. Руководство Великобритании считает принципиально решенным вопрос о возможности военного использования урана-235. В рамках урановой проблемы объединяются усилия крупных ученых, организаций и фирм.

1942–1943 годы.

6. По материалам из Великобритании в качестве основного метода разделения изотопов урана определен газодиффузионный метод. Это определило включение в план работ Лаборатории № 2 по проблеме разделения работы по методу диффузии наряду с методом центрифугирования.

Рассмотрение возможностей методов термодиффузии, центрифугирования и электромагнитного метода для разделения изотопов урана в Лаборатории № 2.

7. В связи с рассмотрением материалов из Великобритании И.В. Курчатов отмечает, что они заставляют нас пересмотреть свои взгляды по многим вопросам проблемы и установить новые для советской физики направления в работе:

- выделение урана-235 газовой диффузией;
- осуществление ядерного горения в котле «уран-тяжелая вода»;
- изучение свойств элемента эка-осмия (плутония-239).

Он отмечает также, что вся совокупность сведений указывает на техническую возможность решения всей проблемы в значительно более короткий срок, чем думают наши ученые, не знакомые с ходом работ за границей.

1945 год.

8. Информация о создании в США:

- лагеря «Х», строительства завода по производству U-235 в Вудс Холл, штат Теннесси;
- лагеря «W», производство плутония в Хэнфорде, штат Вашингтон;
- лагеря «Y», базы исследовательских и экспериментальных работ по созданию атомной бомбы в Лос-Аламосе, штат Нью-Мексико.

9. Получение списка ведущих специалистов в Лос-Аламосе, работающих над созданием атомной бомбы.

ПРИЛОЖЕНИЕ К ГЛАВЕ 1

1. Основные моменты в докладе Л.П. Берия И.В. Сталину (март 1942 года)

В разведывательных материалах, полученных из Великобритании, и докладе Л.П. Берия отмечается, что с 1939 года в условиях секретности во Франции, Англии, США и Германии ведется работа по использованию урана для военных целей.

1. Английский Военный Кабинет сформировал Урановый комитет во главе с известным физиком Дж.П. Томсоном, который координирует работу английских ученых по теоретическим, экспериментальным и прикладным вопросам использования атомной энергии.

2. Перспективным материалом в этих целях является один из изотопов природного урана (U-235), обладающий свойством эффективного расщепления.

Значительные запасы урановой руды имеются в Канаде, в Бельгийском Конго, в Судетах и в Португалии.

Английские ученые Пайерлс и Байс разработали метод выделения изотопа U-235 при помощи диффузионного аппарата доктора Симона, который рекомендован для практического использования получения материала урановой бомбы. (Отметим, что в первичном материале, поступившем из Великобритании, указано, что исходным сырьем для разделения изотопов является гексафторид урана, являющийся химически активным веществом, что приводит к усложнению работы сепарационного завода).

3. Профессор Пайерлс дал теоретическую оценку критической массы U-235 в 10 кг. (Отметим, что в первичном материале, поступившем из Великобритании, величина критической массы U-235 называлась в пределах 10–43 кг, в зависимости от предположений о сечении деления урана, которое предполагалось уточнить экспериментально. Верхнее значение критической массы из этого диапазона, которое по неизвестным причинам не попало в доклад Л.П. Берия, достаточно близко к действительному значению критической массы металлического U-235, составляющей 50 кг).

Количество вещества меньше критического значения устойчиво и безопасно, в то время как в случае массы вещества больше критической в ней возникает прогрессирующая реакция расщепления, вызывающая колоссальной силы взрыв.

При проектировании бомб активная часть должна состоять из двух равных половин, в своей сумме превышающих критическую величину. Для производства максимальной силы взрыва этих частей U-235, по данным профессора Фергюссона, скорость перемещения масс должна составлять 6000 футов/сек (1,8 км/сек). При уменьшении этой скорости происходит затухание цепной реакции, и сила взрыва значительно уменьшается, но все же значительно превосходит силу взрыва обычного ВВ.

Профессор Тейлор рассчитал, что действие взрыва 10 кг U-235 будет соответствовать действию взрыва 1 600 тонн тринитротолуола.

4. Основные проблемы в создании урановой бомбы связывались с выделением U-235 из других изотопов и получении необходимой скорости перемещения масс.

5. В качестве основных выводов отмечается, что руководство Великобритании считает принципиально решенным вопрос о военном использовании атомной энергии U-235, создана предварительная теоретическая часть для проектирования и постройки завода по изготовлению урановых бомб, объединены в рамках урановой проблемы усилия крупных ученых, организаций и фирм Англии.

6. Специалистами по вопросам расщепления атомного ядра в СССР названы академик П.Л. Капица, академик Д.В. Скобельцын и профессор А.А. Слудский.

2. Анализ данных из Великобритании

7 марта 1943 года начальник Лаборатории № 2 АН СССР И.В. Курчатов направил М.Г. Первухину записку о результатах рассмотрения им материалов по проблеме урана, полученных из Великобритании. Это значительный документ на 14 страницах, включающий три проблем-

ных раздела: I. Разделение изотопов. II. Проблема ядерного взрыва и горения. III. Физика процесса деления и Заключение. И.В. Курчатов в целом отметил, что получение этого материала «имеет громадное, неоценимое значение для нашего государства и науки».

Наиболее ценная часть материалов по оценке И.В. Курчатова относится к проблеме разделения изотопов урана.

По данным материалов, единственным рациональным путем решения проблемы разделения изотопов принято их разделение при помощи диффузии через мембрану с мелкими отверстиями. В записке отмечается, что предпочтение метода диффузии методу центрифугирования явилось для наших физиков и химиков неожиданным, так как метод диффузии считался нашими специалистами практически неприменимым для разделения изотопов тяжелых элементов. Получение данных материалов определило включение в план наших работ по проблеме наряду с центрифугированием (метод Ф.Ф. Ланге) и метода разделения диффузией.

И.В. Курчатов отмечает, что представленная работа представляет крайне обстоятельное исследование, включающее подробное рассмотрение всех звеньев разделительной машины. По его мнению, с помощью данных материалов после их проверки и некоторых дополнений советскими специалистами может и будет разработана модель разделительной установки методом диффузии.

В записке И.В. Курчатов отметил, что в материалах содержится ряд экспериментальных данных и сведения о плане работ по изготовлению разделительных машин и проектированию разделительного завода. Он отмечает, что эти данные менее систематичны и что было бы желательно получить дополнительные сведения и приводит ряд конкретных вопросов по инженерной схеме разделительной машины.

В материалах также приводились краткие характеристики методов термодиффузии, центрифугирования и электромагнитного метода для разделения изотопов урана, которые характеризовались, как малопригодные для решения данной задачи. И.В. Курчатов отметил, что:

- малая эффективность метода термодиффузии была подтверждена расчетами Я.Б. Зельдовича, выполненными по его поручению в марте 1943 года;
- эффективность метода центрифугирования может быть оценена после исследования аппаратуры, разрабатываемой под руководством Ф.Ф. Ланге;
- справедливость оценки малой эффективности электромагнитного метода разделения проверяется Л.В. Арцимовичем.

Значение второй части материалов также было высоко оценено И.В. Курчатовым.

В первую очередь, это относилось к утверждению о возможности осуществления цепной реакции в смеси окиси природного урана (или металлического урана) с тяжелой водой, так как для наших физиков такое утверждение явилось неожиданным и противоречащим установившейся точке зрения. Данные материалов основывались на экспериментах ученых Ганса Хальбана и Льва Коварски (1940 год), располагавших большими количествами тяжелой воды. И.В. Курчатов пояснил, что оценка советских ученых была основана на расчетном определении максимально допустимого сечения захвата тепловых нейтронов ядрами дейтерия в 0,003 барн (Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович) и опубликованного в 1940–1941 годах учеными США (группой под руководством Луиса Альвареса) экспериментального значения сечения в 0,01 барн. Отечественных экспериментальных данных величины сечения захвата не было из-за отсутствия в СССР тяжелой воды.

И.В. Курчатов отмечает, что опубликованные исследования систем уран-замедлитель производились с однородными смесями компонент и отмечает необходимость исследования неоднородных систем, когда уран будет сконцентрирован в блоках внутри тяжелой воды, как возможно более перспективных. Анализ сравнительных свойств однородных и неоднородных систем планируется поручить Ю.Б. Харитону и Я.Б. Зельдовичу.

И.В. Курчатов отмечает очень важные замечания в материалах о возможности использования в качестве материала для бомбы элемента с массовым числом 239, который должен получаться в урановом котле при захвате нейтронов ядрами U-238.

По третьему разделу материалов И.В. Курчатов отметит следующий ряд моментов.

Во-первых, он отмечает подтверждение Отто Фришем явления самопроизвольного деления урана, открытого Г.Н. Флеровым и К.А. Петржаком, которое не позволяет до самого момента взрыва сосредотачивать уран в надкритической массе.

Во-вторых, он отмечает, что рассматриваемый в материалах способ создания атомной бомбы из двух частей урана, сближаемых с большой скоростью, не является для советских физиков новым, и что аналогичный прием был предложен Г.Н. Флеровым.

В-третьих, он отмечает, что в материалах приведены данные о числе вторичных нейтронов (2–3 нейтрона) на каждый акт деления и приложена кривая для распределения вторичных нейтронов по энергии. Однако материалы не содержат данных, какие нейтроны (медленные или быстрые) делят ядра. Если данные относятся к делению U-235 медленными нейтронами, то эта информация не содержит ничего нового, так как аналогичные результаты были опубликованы в 1939–1940 годах. Если же они относятся к делению ядер урана быстрыми нейтронами, то значение этих данных чрезвычайно велико. Поэтому представляется важным выяснить, к чему относятся эти данные, и получить дополнительную информацию по этому кардинальному вопросу.

В-четвертых, он отмечает важность данных по фактическим значениям сечения деления ядер U-235 (2–3) барна в диапазоне энергий от 200 до 800 кэВ. Это важно, так как экспериментальные данные охватывают только небольшую область энергий нейтронов, а теоретические зависимости давали для существенного диапазона энергий нейтронов от 1 кэВ до 1 МэВ различные результаты.

3. Об использовании уранового котла для получения трансурановых элементов

22 марта 1943 года И.В. Курчатов направил М.Г. Первухину записку, в которой он изложил новый подход к решению проблемы создания атомной бомбы. Этот момент явился одним из переломных событий в истории создания атомной бомбы СССР.

И.В. Курчатов отмечает, что в материалах разведанных, которыми он занимался, содержались отрывочные замечания о возможности использовать в урановом котле не только U-235, но и U-238, и возможном использовании продуктов сгорания U-238 в качестве материала для бомбы вместо U-235. В связи с этим И.В. Курчатов внимательно рассмотрел последние из опубликованных специалистами США работ по трансурановым элементам (эка-рений-239 и эка-осмию-239) и установил новое направление в решении всей проблемы, обусловленное особенностями трансурановых элементов.

И.В. Курчатов рассматривает цепочку нейтронных захватов на ядрах U-238, приводящих последовательно к образованию нестабильного ядра U-239 (время жизни около 20 минут), переходящего в эка-рений (нептуний-239), также нестабильный (время жизни около двух суток) и переходящий в эка-осмий (плутоний-239), который будет существовать в течение длительного промежутка времени и накапливаться в урановом котле.

По теоретическим представлениям попадание нейтрона в ядро эка-осмия должно сопровождаться процессом деления с испусканием вторичных нейтронов, так что в этом отношении он должен быть эквивалентен U-235. Если это действительно так, то «эка-осмий» можно будет выделить из «уранового котла» и использовать как материал для создания «эка-осмиевой» бомбы. При таком решении проблемы отпадет необходимость разделения изотопов урана.

И.В. Курчатов отмечает, что такое решение проблемы может быть реализовано:

- при условии создания «уранового котла» на оксиде природного урана;
- при условии, что свойства «эка-осмия» аналогичны свойствам U-235.

Далее он пишет, что в СССР работа по эка-рений-239 и эка-осмию-239 не проводилась. Основные работы в этом направлении были выполнены под руководством Эрвина Мак-Миллана, располагавшего наиболее мощным циклотроном в мире в лаборатории Эрнста Лоуренса в Беркли, Калифорния. Из последней публикации Мак-Миллана в 1940 году следует, что он получил довольно большие количества эка-осмия-239 и был в состоянии изучить его свойства. В СССР невозможно изучить его свойства ранее середины 1944 года после восстановления и пуска наших циклотронов. Он отмечает, что вопрос о возможности некоторых предварительных исследований еще в 1943 году будет обсуждаться с В.Г. Хлопиным и Г.Н. Флеровым.

И.В. Курчатов предлагает дать указания разведывательным органам выяснить, что сделано в рассматриваемом направлении в Америке. Подлежат выяснению следующие вопросы:

- происходит ли деление ядра эка-осмия-239 под действием быстрых или медленных нейтронов;
- если происходит, то каково сечение деления (отдельно для быстрых и медленных нейтронов);
- происходит ли спонтанное деление эка-осмия и с каким периодом полураспада;
- какие превращения во времени испытывает эка-осмий-239;
- каково содержание работ с циклотронными установками.

И.В. Курчатов отмечает, что изложенные соображения он обсуждал с А.И. Алихановым и И.К. Кикоиным, и что количественный учет деталей процесса он поручит Я.Б. Зельдовичу.

4. О рассмотрении перечня американских работ по проблеме урана

Не позднее июня 1943 года были получены разведанные, содержавшие перечень 286 работ (заголовки и в отдельных случаях краткие комментарии) американских ученых по проблеме урана. Этот перечень был проанализирован И.В. Курчатовым, и по результатам рассмотрения он направил 3 июля 1943 года записку М.Г. Первухину. В записке он отмечает сведения, которые было бы желательно получить по данным материалам. Он предлагает также ознакомить с результатами проведенного рассмотрения С.В. Кафтанова (уполномоченного ГКО по науке) и Г.Д. Овакимяна (начальника отдела Первого управления НКГБ).

Во-первых, И.В. Курчатов отмечает 29 работ по разделению изотопов урана методом диффузии. Он пишет, что, по-видимому, американцы добились в этом направлении результатов, и что было бы очень важно получить подробные технические данные по этим работам. Он констатирует, что в отличие от английской многоступенчатой диффузионной машины американцы конструируют аппарат с небольшим количеством ступеней.

Выделены 18 работ по разделению изотопов урана центрифужным способом. И.В. Курчатов отмечает, что результаты этих работ в СССР совершенно неизвестны, и что в этих работах участвуют крупнейшие специалисты. Важность получения дополнительной информации по этому вопросу он связывает с необходимостью проверки отрицательного заключения о возможностях этого метода для разделения изотопов урана в английских материалах. Лаборатория № 2 (И.К. Кикоин) проводит работу по этому методу разделения на машине, предложенной Ф.Ф. Ланге и построенной в Уфе.

Выделено 10 работ по осуществлению бомбы из урана-235. И.В. Курчатов отмечает, что почти каждая из этих работ представляет для нас громадный интерес. Соответствующие работы проводятся в СССР и их сопоставление с американскими работами очень важны, потому что наши данные резко расходятся с данными из английского материала. Это, в первую очередь, относится к делению U-235 нейтронами средних энергий. По английским данным сечение деления U-235 равно (2–3) барна для нейтронов с энергией в несколько сотен тысяч электрон-вольт, а по данным Г.Н. Флерова и К.А. Петржака сечение деления U-235 в этой области не превышает 0,1 барна. (Отметим, что реальная величина сечения деления урана-235 в этой области составляет около 1,25 барна).

Вопрос этот имеет кардинальное значение, так как от величины сечения деления крайне резко зависят размеры бомбы из U-235 и самая возможность осуществления котла из металлического урана.

В этой связи И.В. Курчатов пишет, что крайне важно знать содержание:

- замечаний Брейта по работе Бриггса и Хейденбурга о делении U-235 нейтронами промежуточных энергий;
- исследования Маршака и Сцилларда о захвате ураном фотонейтронов;
- исследования Сцилларда и Цинна о неупругом рассеянии нейтронов ураном и другими тяжелыми элементами;
- результаты работ Беннета и Ричардса о спектре вторичных нейтронов из U-235;
- результаты работ Маршалла и Сцилларда о делении, производимом вторичными нейтронами.

И.В. Курчатов отмечает также работу Кеннеди и Сегре по спонтанному делению урана. Он пишет, что это явление было открыто в 1940 году в Союзе Г.Н. Флеровым и К.А. Петржаком, но публикация о работе не получила никакого отклика за границей. По свидетельству Отто Фриша, в

Англии он наблюдал самопроизвольное деление урана, однако из-за отсутствия разделения изотопов он, так же как Флеров и Петржак, не смог установить, к какому изотопу урана следует отнести самопроизвольное деление. Кеннеди и Сегре, как видно, решили эту задачу.

Выделено 32 работы по котлу из урана и тяжелой воды. И.В. Курчатов отмечает, что в Америке ведется интенсивная работа по котлу «уран-тяжелая вода». Основное внимание в работах уделяется различным методам получения тяжелой воды. У нас, в СССР, работа по этому котлу пока не проводится, и ее следовало бы начать силами Украинской АН, лаборатории которой могли бы возобновить довоенную работу по изучению методов и получению тяжелой воды.

В материалах упомянута также работа Лоуренса по изучению захвата медленных нейтронов дейтерием, результаты которой представляют громадный интерес, так как этот процесс определяет самую возможность осуществления котла. Было бы крайне важно получить сведения о методах и результатах этого исследования.

Выделено 29 работ по уран-графитовому котлу.

И.В. Курчатов отмечает, что основные результаты американских работ по уран-графитовому котлу нам известны по материалам, полученным из Америки. Однако эти материалы дают лишь краткое изложение общих результатов и не содержат важные технические подробности, потребовавшие работы большого количества разнообразных специалистов. Можно отметить, что в Америке обсуждаются по этому проекту такие детали работ, которые характерны для технического проекта, а не для отвлеченной схемы. Это убеждает в серьезности попыток американских ученых осуществить в ближайшее время уран-графитовый котел. Получение подробного технического материала по этой системе является крайне необходимым (пуск уран-графитового реактора был осуществлен в США 2 декабря 1942 года).

Выделено 14 работ по 93 и 94 элементам.

И.В. Курчатов отмечает, что в полученных из Америки данных содержатся довольно подробные сведения о физических свойствах элементов с порядковыми номерами 93 и 94: указаны характер распада, энергии вылетающих частиц, период полураспада, сечение деления медленными нейтронами и ряд других данных. Особый интерес представляет работа Сиборга и Сегре о делении ядер эка-осмия (элемент с порядковым номером 94 и атомной массой 239) быстрыми нейтронами. По своим характеристикам к действию нейтронов этот элемент подобен урану-235, для которого деление под действием быстрых нейтронов у нас пока не изучено. Данные Сиборга для эка-осмия (94-239) представляют, таким образом, интерес и для проблемы осуществления бомбы из урана-235.

Работы по химии элементов 93 и 94 поручены в июне 1943 года Б.В. Курчатову.

Выделено 30 работ по общим вопросам нейтронной физики.

И.В. Курчатов отмечает, что работы по этому разделу представляют большой интерес, хотя многие из направлений этого раздела получили у нас достаточное развитие за последнее полугодие. Это, прежде всего, относится к замедлению нейтронов. Лаборатория № 2 хорошо ориентирована в этом вопросе благодаря работам Ю.Б. Харитона, Я.Б. Зельдовича и И.Я. Померунчука, выполненным в 1943 году. Однако в последнее время мы встретились с рядом трудностей, которые, можно предполагать, разрешены в работе Теллера о влиянии решетчатой структуры на экспоненциальные изменения плотности нейтронов в котле. В ряде работ дана сводка констант, которые определялись ранее за границей и у нас, однако было важно знать для нашей работы результаты их последних определений.

Выделено 55 работ по химии урана.

И.В. Курчатов отмечает, что значительная часть этих работ посвящена исследованию способов получения металлического урана и его окиси, методам анализа степени их чистоты. Специальное внимание при этом уделяется выделению редких земель и бора из окиси урана. Этот интерес понятен, так как эти примеси обладают громадными сечениями поглощения медленных нейтронов и в ничтожных концентрациях опасны для развития цепного процесса в урановом котле.

Далее он пишет, что в полученных ранее из Америки материалах есть указания на наиболее рациональные приемы очистки, однако это не представляет для наших химиков особого интереса. Так, начатый нами выпуск окиси урана по заводской технологии полностью удовлетворяет требованиям, выдвинутым В.Г. Хлопиным, исходящим из того, чтобы поглощение тепловых нейтронов примесями не превышало 10% от поглощения нейтронов самим ураном.

Другая группа материалов относится к химии шестифтористого урана (способы получения и свойства), имеющего особое значение во всех схемах разделения изотопов. Проведение аналогичных исследований было намечено и у нас, включено в план Радиевого института и группы В.И. Спицына в МГУ.

Ряд материалов относится к химии новых соединений урана (органо-металлические, летучие и т.д.). Получение материалов по этому разделу работ представило бы большой интерес для наших химиков.

Среди общих выводов И.В. Курчатова отмечает, что работы по проблеме урана получили в Америке мощное развитие. У нас работа по проблеме урана (конечно, пока еще в совершенно недостаточном объеме) проводится по большинству направлений, по которым она развивается в Америке.

Он отмечает, что по проблеме котла «уран-тяжелая вода» работа в Союзе, однако, не начата, а она требует серьезного внимания. Осуществление этого типа котла несколько сложнее осуществления уран-графитового котла, так как у нас отсутствует необходимое производство тяжелой воды. Кроме того, этот котел не допускает большого подъема температуры, и работа его будет осложнена разложением воды под действием излучений. Тем не менее, эта система обладает одним серьезным преимуществом перед уран-графитовым котлом, так как требует для своего осуществления не 50 тонн, а от одной до двух тонн урана. Таким количеством урана СССР будет располагать уже в 1943 году, срок же накопления в нашей стране 50 тонн урана представляется совершенно неясным.

5. О работах по урановому проекту

В апреле 1943 года начальник отдела Первого управления НКГБ Г.Д. Овакимян представил «Справку об использовании атомной энергии». В справке в краткой форме представлены характеристики работ по урановой проблеме в США, Великобритании и, отчасти, в Германии.

Отмечается, что работы в США имеют наиболее широкий размах и проходят наиболее успешно. В США действует «урановый котел». В качестве замедляющей среды для «уранового котла» были предложены углерод, тяжелая вода и бериллий. Выбор замедляющей среды был остановлен на углероде в виде графита. Вес углерода в реальном котле будет в 6–8 раз больше веса урана. Общее количество урана и углерода в «урановом котле» будет составлять около 400–600 тонн. В процессе реакции происходит накапливание элемента 94, по своим свойствам сходного с ураном-235. Материалом для изготовления бомб будет служить выделенный уран-235 или элемент 94, образующийся в урановом котле. Величина коэффициента репродукции нейтронов намного увеличивается, если уран и замедляющая среда образуют гетерогенную систему.

Отмечается, что работа котла позволит накопить опыт и материалы для получения радиоактивных средств ведения войны.

6. Анализ данных «Обзорной работы»

24 декабря 1944 года И.В. Курчатова выпустил заключение по «Обзорной работе по проблеме урана», полученной разведывательными службами.

Он отмечает, что «Обзорная работа» представляет собой прекрасную сводку последних данных по основным теоретическим и принципиальным направлениям проблемы. Большая часть данных была уже известна нам по материалам, полученным летом 1944 года. В обзорной работе, однако, содержатся два новых, чрезвычайно важных, принципиальных указания.

1. О возможности осуществления котла в смеси обычной воды и металлического урана.

2. О существовании радиационного захвата нейтронов ураном-235 и плутонием-239 и отступлении от закона $1/v$ в поглощении медленных нейтронов.

Возможность осуществления котла из смеси обычной воды и металлического урана ранее исключалась, так как по английским материалам, ранее полученным нами, известно, что коэффициент репродукции K нейтронов для этой системы составляет 0,95. Переход к гетерогенной системе со специальной компоновкой мог привести к увеличению K до значения, большего единицы, однако выяснить это можно, только располагая большими количествами металлического урана. Мы этого опыта сделать еще не можем.

Поскольку осуществление системы с обычной водой и металлическим ураном крайне облегчает решение задачи создания котла и получение тем самым плутония, то было бы исключительно важно иметь подробную информацию по этой системе.

Из некоторых экспериментов, выполненных в Лаборатории № 2, можно было сделать вывод, что поглощение медленных нейтронов ураном-235 не следует закону $1/v$. В обзорной работе содержатся указания на это и на наличие радиационного захвата нейтронов ураном-235 и плутонием-239. Представляется удивительным, что сечение радиационного захвата плутония-239 достигает примерно тех же значений, что и сечение деления для этого изотопа. Было бы важно получить более подробные данные по этому вопросу и узнать также о постановке опыта, в котором было определено 3 нейтрона на каждое расщепление тепловым нейтроном атома плутония.

Представляет интерес замечание об исследованиях различных физических свойств (расщепление, упругое и неупругое рассеяние) урана-235 и плутония в связи с проблемой изготовления бомбы. Было бы очень полезно получить сведения о постановке этих исследований и полученных результатах.

7. О разработке атомной бомбы в США

28 февраля 1945 года Нарком ГБ В.Н. Меркулов направил Л.П. Берия информационную записку о состоянии работ в США по созданию атомной бомбы. Информация была отмечена Л.П. Берией, как важная.

1. В записке отмечается, что проведенные силами ведущих научных работников Англии и США работы по исследованию возможности создания атомной бомбы показали, что этот вид оружия следует считать осуществимым и что проблема сводится в данное время к двум задачам:

- производству необходимого количества расщепляющихся материалов – урана-235 и плутония;
- конструктивной разработке проведения бомбы в действие.

В соответствии с этими задачами в США созданы следующие центры:

- лагерь «X» (Вудс Холл, штат Теннесси) – строительство завода по производству U-235;
- лагерь «W» (Хэнфорд, штат Вашингтон) – производство плутония;
- лагерь «Y» (Лос-Аламос, штат Нью-Мексико) – исследовательские и экспериментальные работы по созданию бомбы.

2. Расчетное энерговыделение бомбы общим весом около 3 тонн эквивалентно энергии от 2000 до 10000 тонн ВВ.

Взрыв атомной бомбы будет сопровождаться не только образованием взрывной волны, но и развитием высокой температуры и мощным радиоактивным эффектом, в результате чего все живое будет уничтожено в радиусе до 1 км.

3. Разрабатывается два способа производства взрыва атомной бомбы:

- баллистический (то есть сближение);
- методом внутреннего взрыва (то есть имплозия).

Предполагается, что для изготовления первой бомбы потребуется от одного года до пяти лет.

Что касается бомб несколько меньшей мощности, то через несколько недель можно ожидать изготовления одной или двух бомб, для чего американцы уже имеют в наличии необходимое количество активного вещества. Первый опытный взрыв ожидается через два–три месяца.

8. Анализ данных, полученных из США

7 марта 1945 года И.В. Курчатов составил заключение по новым поступившим разведывательным данным.

В заключении И.В. Курчатов оценивает информацию по использованию «метода взрыва во внутрь» (то есть имплозии) для создания атомной бомбы. Он отмечает, что сейчас трудно дать окончательную оценку заключения анализируемых материалов (и то, «что этот метод следует предпочесть методу сближения»), но несомненно, что метод «взрыва во внутрь» представляет большой

интерес, принципиально правилен и должен быть подвергнут серьезному теоретическому и опытному анализу.

И.В. Курчатов отмечает, что в материале содержатся интересные замечания о веществе изоляции для атомной бомбы (речь идет об отражателе нейтронов вокруг делящегося материала). Они соответствуют тем взглядам, которые были развиты и у нас в последнее время. В наших конструкциях также намечено использовать бериллий для изоляции, правда, в виде металла, а не его окиси, как в рассматриваемых материалах.

9. Анализ данных, полученных из США

7 апреля 1945 года И.В. Курчатов составил заключение по новым поступившим разведанным, по характеристикам ядерных материалов, по особенностям атомной бомбы на принципе имплозии и по вопросам электромагнитного метода разделения изотопов урана.

По характеристикам ядерных материалов он отмечает важность полученной таблицы точных сечений деления урана-235 и плутония-239 быстрыми нейтронами различных энергий, которая позволяет надежно определить критические размеры атомной бомбы. Благодаря этому, можно признать, что приведенные в материалах формулы для критического радиуса могут быть правильными с точностью до 2%, как это указано в тексте. В то же время осталось неясным, как могла быть достигнута столь высокая точность в определении сечений деления, и было бы важно получить сведения об опытах по размножению нейтронов, которые проводились с большими количествами урана-235 или плутония. (Можно предполагать, что эти данные внесли существенные коррективы в представления наших специалистов о величине критической массы делящихся материалов, в частности, урана-235).

Материалы содержали данные о количестве ν вторичных нейтронов, образующихся при делении. В комментарии отмечается, что из материалов неясно, каким нейтронам (быстрым или медленным) соответствует $\nu = 2,47$ для урана-235, а также отмечается, что нет данных о величине ν для деления урана-238 быстрыми нейтронами.

В этом же разделе отмечается важность полученных данных по спонтанному делению тяжелых ядер, в том числе поразительно высокая вероятность этого процесса для плутония-240.

В другом разделе материалов изложен метод приведения в действие бомбы на принципе имплозии, о котором И.В. Курчатов пишет: «...мы узнали совсем недавно, и работу над которым только еще начинаем». В этом комментарии он пишет, «что нам уже сейчас стали ясными все его преимущества» перед методом сближения. В полученных материалах были даны: 1) схема распространения детонационной волны во взрывчатом веществе и процесс деформации материала отражателя; 2) описание процесса сжатия тела взрывом и самого взрыва. И.В. Курчатов подчеркивает, что это очень ценный материал, но особенно существенны указания на условия, при которых возможно получить симметричность эффекта взрыва, совершенно необходимую по самому существу метода. Он пишет, что в материалах описаны интересные явления неравномерного действия взрывной волны и указания на то, что эта неравномерность действия может быть устранена соответствующим расположением детонаторов с применением прослоек взрывчатого вещества различного действия. Материалы содержали также вопросы техники эксперимента с взрывчатыми веществами и оптики взрывных явлений.

В заключение он пишет, что поскольку исследования по этому методу у нас еще совсем не продвинуты, то в данное время невозможно сформулировать вопросы, требующие дальнейшего освещения, и это можно сделать позднее, после серьезного анализа данного материала. Поэтому он считает необходимым ознакомить с этим материалом Ю.Б. Харитона. 30 апреля 1945 года И.В. Курчатов направил Г.Д. Овакимяну просьбу о выдаче такого разрешения.

Относительно информации по электромагнитному методу разделения изотопов отмечается, что для экспериментов в США используется четыреххлористый уран, и что используемый метод несколько похож на разработанную у нас схему, опыты с которой начинаются.

10. Анализ данных, полученных из США

11 апреля 1945 года И.В. Курчатов представил анализ ряда материалов, полученных разведкой в конце 1944 года и содержащих разнообразную информацию об американском атомном проекте, относящуюся к различным моментам времени. Материалы были разделены им на следующие группы: технологические и химические вопросы; уран-графитовый котел; котел на уране и тяжелой воде; работы одной из лабораторий США в 1943–1944 годах; разные работы.

Применительно к проблеме уран-графитового котла рассматривались две системы: с водяным охлаждением и охлаждением гелием. И.В. Курчатов отмечает, что уран-графитовый котел с водяным охлаждением является наиболее простой технической формой осуществления котла. У нас эта система пока не разрабатывается, так как нет уверенности в том, что из-за поглощения в воде нейтронов фактор мультипликации будет больше единицы. Эта же опасность и ряд других трудностей отмечается и в материалах, относящихся к 1942 году. И.В. Курчатов отмечает, что важно выяснить, как сейчас обстоит дело и не возобновлены ли работы в этом направлении.

По системе с гелиевым охлаждением нет принципиально новых указаний, так как ранее были получены более поздние отчеты. Вместе с тем представляют интерес данные по параметрам урановой решетки в графите, расчеты и опыты по распределению тепловых нейтронов в урановых сферах и цилиндрах, опыты по диффузии продуктов деления из раскаленного урана, теоретический отчет о регулировании хода процесса в котле с помощью стержней из бора или кадмия, сильно поглощающих нейтроны. Судя по приведенным данным, мощный котел этого типа должен был войти в эксплуатацию в 1943 году и он должен уже работать. Крайне важны сведения по этому вопросу.

По котлу с тяжелой водой дана информация о том, что минимальное количество тяжелой воды в котле равно 3–4 тоннам.

11. О параметрах атомной бомбы США

6 июля 1945 года Нарком ГБ СССР В.Н. Меркулов направил письмо Л.П. Берия, в котором говорилось, что по данным нескольких достоверных агентурных источников в США в июле 1945 года назначено проведение первого экспериментального взрыва атомной бомбы. Ожидаемая дата взрыва – июль 1945 года (взрыв «Тринити» был произведен 16 июля 1945 года).

В письме отмечалось, что атомная бомба изготовлена из плутония, полученного в урановых котлах, который представляет собой шар массой 5 кг. В центре его помещается инициатор – бериллиево-полониевый источник, который в нужный момент приводит в действие активное вещество. Плутоний окружен природным ураном весом 5000 фунтов, алюминиевой оболочкой толщиной 11 см, которая в свою очередь окружена слоем взрывчатого вещества толщиной 46 см. Общий вес бомбы составляет около 3 тонн, а предполагаемая сила взрыва эквивалентна 5000 тонн тротила (энерговыведение этого взрыва составило 21 кт, то есть в четыре раза больше предполагаемых оценок).

Относительно запасов активного материала для изготовления бомбы из тех же источников сообщается:

- на апрель 1945 года в США имелось в наличии 25 кг урана-235, а его производство составляет 7,5 кг в месяц;
- в Лос-Аламосе имеется 6,5 кг плутония; его производство в котлах налажено и план перевыполняется.

12. Об устройстве атомной бомбы США

18 октября 1945 года Нарком ГБ В.Н. Меркулов направил Л.П. Берия сообщение о конструкции атомной бомбы США, составленное на основе агентурных материалов НКГБ СССР (материал подписан полковником НКГБ Л. Василевским). По этим материалам атомная бомба представляет

собой снаряд грушевидной формы с максимальным диаметром 127 см, длиной (со стабилизатором) 325 см и весом около 4500 кг. Бомба состоит из следующих составных частей:

- инициатора;
- активного материала;
- темпера;
- слоя алюминия;
- взрывчатого вещества;
- линзовой системы взрывчатого вещества;
- детонаторного устройства;
- дюралюминиевой оболочки;
- оболочки из бронированной стали;
- стабилизатора.

Все части бомбы, кроме стабилизатора, детонаторного устройства и наружной стальной оболочки, представляют собой полые шары, вставляющиеся друг в друга.

Инициатор типа «Урчин» представляет собой полоний-бериллиевую систему с радиусом 1 см. Общее количество полония составляло 50 Кюри. Поток нейтронов создается при воздействии удара, создаваемого взрывом ВВ бомбы на инициатор, в результате которого α -частицы полония взаимодействуют с ядрами бериллия.

Активным материалом бомбы является δ -фаза плутония с удельным весом $15,8 \text{ г/см}^3$, изготовленная в виде полого шара, состоящего из двух половинок, которые затем спрессованы. Между полушариями имеется прокладка из рифленого золота толщиной 0,1 мм, которая предохраняет от проникновения к инициатору высокоскоростных струй, движущихся вдоль плоскости соединения полушарий активного материала, которые могут преждевременно привести инициатор в действие. В одном из полушарий имеется отверстие диаметром 25 мм, служащее для ввода инициатора в центр, которое закрывается после этого плутониевой пробкой. Внешний диаметр шара составляет 80–90 мм.

Темпер представляет собой полый шар из металлического урана с внешним диаметром 230 мм. В нем имеется отверстие для ввода активного материала внутрь, которое закрывается пробкой из металлического урана. Назначение темпера состоит в том, что он уменьшает количество активного материала, необходимого для изготовления атомной бомбы. Наружная граница темпера покрыта слоем бора, поглощающим тепловые нейтроны, идущие от радиоактивных веществ системы и могущие вызвать преждевременную детонацию.

Алюминиевая оболочка, окружающая темпер, представляет собой полый шар с наружным диаметром 460 мм, изготовленный из двух половинок, для соединения которых предусмотрены пазы и выступы. В одном из полушарий имеется отверстие для ввода активного материала, которое закрывается пробкой, изготовленной из алюминия. Назначение оболочки в равномерной передаче к центру бомбы удара, полученного в результате взрыва слоя ВВ.

За слоем алюминия располагается слой взрывчатого вещества, который образуется из 32 блоков специальной формы. Внутренняя, обращенная к центру, поверхность блоков сферическая с диаметром, равным диаметру алюминиевой оболочки. В наружной поверхности блоков ВВ имеются специальные выемки, форма которых предусматривает помещение в них 20 линз гексагональной и 12 линз пентагональной формы. Каждая линза состоит из двух типов ВВ, одного – быстро взрывающегося и другого – медленно взрывающегося. При установке линз на месте быстро взрывающаяся часть соприкасается со слоем ВВ. Общий вес взрывчатого вещества около 2 тонн.

К каждой линзе подведен один детонатор, который для большей гарантии одновременного взрыва имеет два электрозапала.

Слой ВВ и линзы покрыты дюралюминиевой оболочкой, к которой крепится подрывное устройство массой 180 кг. Внутренний диаметр оболочки примерно 1400 мм, вес вместе с подрывным устройством около 700 кг.

Шар металлического урана помещается внутрь алюминиевого шара с соответствующим сопряжением отверстий. На наружную поверхность алюминия укладываются блоки ВВ с линзами, за исключением одного блока, расположенного над отверстием. Линзы укрепляются на дюралюми-

ниевой оболочке, к которой также крепится подрывное устройство. В таком виде бомба готова для транспортировки. Поскольку плутоний и радиоактивное вещество инициатора самонагреваются до температуры, на 90°C превышающей температуру окружающей среды, то к месту окончательной сборки их перевозят в специальных охлаждаемых контейнерах. Далее, инициатор вставляется внутрь шара из плутония, который вставляется внутрь темпера. Пробки ставятся на место, накладывается последний блок ВВ и закрывается отверстие в наружных дюралюминиевой и стальной оболочках.

Глава 2

Создание первых образцов ядерного и термоядерного оружия

СОДЕРЖАНИЕ

1. СОЗДАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПЕРВОЙ СОВЕТСКОЙ АТОМНОЙ БОМБЫ	69
1.1. Организация основных структур для создания атомного оружия СССР	69
1.2. Основные проблемы разработки первой атомной бомбы	70
1.3. Кооперация работ КБ-11 и других организаций	73
1.4. Первая атомная бомба.....	77
1.5. Подготовка полигона к испытанию РДС-1	79
1.6. Проведение испытания РДС-1	79
1.7. Итоги испытания РДС-1	81
2. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ОБРАЗЦОВ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ.....	82
2.1. Атомные бомбы РДС-2, РДС-3	82
2.2. Атомные заряды для первых тактических ядерных боеприпасов	84
2.3. Развитие систем нейтронного инициирования.....	86
2.3.1. Системы нейтронного инициирования в США	86
2.3.2. Системы нейтронного инициирования в СССР.....	87
3. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ОБРАЗЦОВ ТЕРМОЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ	88
3.1. Первая информация.....	88
3.2. Первые исследования по водородной бомбе	89
3.3. Разработка термоядерного заряда РДС-6с	91
3.4. Разработка термоядерной бомбы РДС-37	94
3.5. Сравнение первых термоядерных зарядов СССР и США	97

1. СОЗДАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПЕРВОЙ СОВЕТСКОЙ АТОМНОЙ БОМБЫ

1.1. Организация основных структур для создания атомного оружия СССР

20 августа 1945 года Государственный Комитет Обороны принял решение № 9887 о создании Специального Комитета, которому надлежало обеспечить государственное руководство решением ядерной проблемы. По решению И.В. Сталина первым лицом в Комитете стал Л.П. Берия, вторым – нарком боеприпасов Б.Л. Ванников (без освобождения от должности наркома). Кроме них, в состав комитета вошли Г.М. Маленков, Н.А. Вознесенский, А.П. Завенягин, И.В. Курчатов, П.Л. Капица, М.Г. Первухин, В.А. Махнев (секретарь). Одновременно для рассмотрения научных и технических вопросов при Специальном Комитете был образован Технический совет во главе с Б.Л. Ванниковым. В состав совета вошли А.И. Алиханов, И.Н. Вознесенский, А.П. Завенягин, А.Ф. Иоффе, П.Л. Капица, И.К. Кикоин, И.В. Курчатов, В.А. Махнев, Ю.Б. Харитон, В.Г. Хлопин.

Конец лета 1945 года стал по-настоящему поворотным временем в процессе осуществления советской атомной программы. После организации Спецкомитета 30 августа 1945 года Совет Народных Комиссаров СССР принимает постановление № 2227-567 о создании Первого главного управления при СНК СССР (ПГУ). Этим решением организационная структура атомного проекта получала свое необходимое развитие, обретая орган оперативного, связующего и повседневного руководства. Начальником ПГУ был назначен Б.Л. Ванников. В качестве его заместителей в состав руководства ПГУ вошли: А.П. Завенягин – заместитель наркома ВД СССР; Н.А. Борисов – заместитель председателя Госплана СССР; П.Я. Мешик – один из руководителей НКВД СССР; П.Я. Антропов – работник аппарата ГКО, будущий руководитель ВГУ; А.Г. Касаткин – заместитель наркома химической промышленности. Несколько позже в состав руководства ПГУ вошли В.С. Емельянов – заместитель наркома металлургической промышленности; А.Н. Комаровский – начальник Главпромстроя наркомата ВД СССР; Е.П. Славский – заместитель наркома цветной металлургии; А.М. Петросьянц – сотрудник аппарата ГКО; А.С. Александров – помощник заместителя председателя СНК и СМ СССР.

При ПГУ действовал Технический совет, куда, наряду с Б.Л. Ванниковым и А.П. Завенягиным, входили ученые-атомщики: И.В. Курчатов, А.И. Алиханов, А.Ф. Иоффе, П.Л. Капица, Ю.Б. Харитон. Впоследствии образовывались и другие советы по конкретным проблемам и направлениям научно-исследовательской и организационно-производственной деятельности.

Одними из первых практических шагов Спецкомитета и ПГУ были решения о создании производственной базы ядерного оружейного комплекса. В 1946 году был принят ряд важнейших решений в связи с этими планами. Одно из них касалось создания при Лаборатории № 2 специализированного КБ по разработке ядерного оружия.

9 апреля 1946 года Совет Министров СССР принял закрытое постановление № 806-327 о создании КБ-11. Так была названа организация, призванная создать «изделие», то есть атомную бомбу.

Указанным постановлением определялось и руководство КБ-11. Его начальником был назначен П.М. Зернов, главным конструктором – Ю.Б. Харитон.

К моменту принятия постановления вопрос о создании КБ-11 был детально проработан. Уже было определено его месторасположение с учетом специфики будущей работы.

С одной стороны особо высокая степень секретности намечаемых работ, необходимость проведения взрывных экспериментов предопределяли выбор малонаселенной, скрытой от визуальных наблюдений местности. С другой – не следовало чрезмерно удаляться от предприятий и организаций – соисполнителей атомного проекта, значительная часть которых находилась в центральных районах страны. Немаловажным фактором было наличие на территории будущего КБ производственной базы и транспортных артерий.

Наряду с решениями, касавшимися организационных и строительных сторон формирования КБ-11, соответствующими документами определялись и задачи в области научно-исследовательской и производственной деятельности. Перед КБ-11 была поставлена задача создать два варианта атомных бомб – плутониевого с использованием сферического обжатия и уранового (U-235) с пушечным сближением. По завершении разработки намечалось проведение государственных испытаний зарядов на специальном полигоне. Первоначально предполагалось провести наземный взрыв заряда плутониевой бомбы до 1 января 1948 года, урановой – до 1 июля 1948 года. Должны были быть представлены на испытания бомбометанием с самолета также образцы атомного оружия в виде авиационной атомной бомбы с двумя вариантами зарядов. Намечалось, что испытанию атомных авиационных бомб будут предшествовать их летные испытания без ядерных зарядов путем бомбометания с самолета по пять макетов каждого варианта бомбы. Первые пять макетов для плутониевой бомбы предполагалось представить к 1 марта 1948 года и 5 макетов для урановой – к 1 января 1949 года. Этот план работ был утвержден И.В. Сталиным 21 июля 1946 года.

За официальную точку начала отсчета разработки РДС-1 следует принять дату выпуска «Тактико-технического задания на атомную бомбу» (ТТЗ), подписанного главным конструктором Ю.Б. Харитоном 1 июля 1946 года и направленного начальнику Первого главного управления при Совмине СССР Б.Л. Ванникову.

Техническое задание состояло из 9 пунктов и оговаривало вид ядерного горючего, способ его перевода через критическое состояние, габаритно-массовые характеристики атомной бомбы, разновременность срабатывания электродетонаторов, требования к высотному взрывателю и самоликвидации изделия в случае отказа аппаратуры, обеспечивающей срабатывание этого взрывателя.

В соответствии с ТТЗ предусматривалась разработка двух вариантов атомных бомб – имплозивного типа на плутонии и урановой с пушечным сближением. Длина бомбы не должна была превышать 5 метров, диаметр – 1,5 метра, а вес – 5 тонн.

Одновременно предусматривалось строительство испытательного полигона, аэродрома, опытного завода, а также организация медицинской службы, создание библиотеки и т.п.

В правительственном постановлении о создании КБ-11 от 21 июня 1946 года предусматривался выпуск ТТЗ на атомную бомбу до первого июля этого года, а на конструкцию ее основных узлов – до первого июля 1947 года.

В 1946 году были выпущены также технические задания на разработку электродетонаторов искрового или мостикового типа, заряда взрывчатого вещества, корпуса авиабомбы и радиодатчика.

ТЗ на заряд взрывчатого вещества было выдано в мае 1946 года и предусматривало проектирование составного заряда, включающего 30–40 элементов, образующих в сборе полую сферу.

1.2. Основные проблемы разработки первой атомной бомбы

Создание атомной бомбы требовало решения исключительно широкого круга физических и технических вопросов, связанных с проведением обширной программы расчетно-теоретических исследований, проектно-конструкторских и экспериментальных работ.

Прежде всего, предстояло провести исследования физико-химических свойств делящихся материалов, разработать и апробировать методы их литья и механической обработки.

Необходимо было создать радиохимические методы извлечения различных продуктов деления, организовать производство полония и разработать технологию изготовления источников нейтронов.

Требовались методики определения критической массы, разработка теории эффективности или КПД, а также теории ядерного взрыва в целом.

Особый раздел обширных изысканий был связан с теорией сходящейся детонационной волны, вопросами детонации взрывчатых веществ и процессами, происходящими с фронтом детонационной волны при переходе детонации из одного ВВ в другое, при столкновении детонационных волн, исходящих из различных точек.

Невозможно было обойтись без изучения сжимаемости металлов при больших давлениях и откольных явлений.

Нужны были лабораторные методы исследования газодинамических процессов, протекающих при взрыве сферического заряда ВВ, и методы определения параметров ядерного взрыва при полигонных испытаниях.

Серьезные задачи были связаны с разработкой специальных электродетонаторов, приборов автоматики, корпуса авиационной бомбы, отработкой его баллистики и созданием узлов подвески, а также аппаратуры для изучения быстро протекающих процессов. Наконец, немаловажный круг проблем требовалось решить в связи со строительством специального полигона для проведения ядерных испытаний.

Приведенное краткое перечисление тех направлений, в которых развернулись работы, далеко не исчерпывает всего содержания деятельности, требовавшей осуществления для успешного завершения атомного проекта.

С учетом тех проблем, которые решались в КБ-11, намечалась очередность формирования его основных структурных подразделений. В первую очередь, создавались лаборатории взрывчатых веществ, рентгенографии, нейтронной физики, по изучению эффективности взрыва, контроля качества делящихся материалов (плутония и урана), их металлургии и механической обработки.

Постановлением Совета Министров СССР от 8 февраля 1948 года, скорректировавшем сроки выполнения основной задачи по атомному проекту, Ю.Б. Харитону и П.М. Зернову предписывалось обеспечить изготовление и предъявление к 1 марта 1949 года на государственные испытания комплекта атомной бомбы РДС-1 с полным снаряжением.

С целью своевременного выполнения задания в постановлении оговаривались объем и сроки завершения научно-исследовательских работ и изготовления материальной части для проведения летно-конструкторских испытаний, а также решения отдельных организационных и кадровых вопросов.

Из научно-исследовательских работ выделялись следующие:

- завершение до мая 1948 года отработки сферического заряда из взрывчатых веществ;
- изучение до июля того же года проблемы обжата металлов при взрыве заряда взрывчатых веществ;
- разработка конструкции нейтронного запала к январю 1949 года;
- определение критической массы и сборка плутониевого и уранового зарядов для РДС-1 и РДС-2. Обеспечение сборки плутониевого заряда для РДС-1 до 1 февраля 1949 года.

При этом отмечалось, что отсрочка вызвана тем, что из-за новизны и непредвиденных в 1946 году трудностей объем исследовательских и конструкторских работ при создании РДС оказался значительно большим, чем предполагалось. Новые сроки предусматривали изготовление РДС через два месяца после получения необходимых количеств плутония и урана-235

В процессе работ на Лабораторию № 2 и КБ-11 была возложена задача определения сжатия делящихся материалов, а на Институт физических проблем АН СССР – задача определения энерговыделения рассматриваемых вариантов РДС на основе данных, полученных по параметрам сжатия от Лаборатории № 2. Математическое сопровождение этих работ Лаборатории № 2 и КБ-11 осуществлял Математический институт АН СССР, а математическое сопровождение работ ИФП АН СССР – Институт геофизики АН СССР.

Разработка конструкции собственно атомного заряда, названного РДС-1, была начата в конце 1945 года, то есть еще до создания КБ-11. Разработка началась с модели заряда в масштабе 1/5 натурной величины. Работы проводились без ТЗ, по устным указаниям Ю.Б. Харитона. Первые рисовки делались Н.А. Терлецким, который работал в НИИ-6 в отдельной комнате, куда вход был разрешен только Ю.Б. Харитону и Е.М. Адаскину – заместителю директора НИИ-6, осуществлявшего общую координацию работ с другими группами, начавшими разработку быстродействующих детонаторов для обеспечения синхронного подрыва группы электродетонаторов и работы по системе электрического задействования. Отдельная группа стала заниматься подбором взрывчатых веществ и технологий изготовления необычных форм деталей из ВС.

В начале 1946 года модель была разработана, а к лету изготовлена в двух экземплярах. Испытание модели проводилось на полигоне НИИ-6 в городе Софрино.

К концу 1946 года была начата разработка документации на натуральный заряд, отработка которого стала проводиться в КБ-11, где в начале 1947 года в Сарове были созданы минимальные условия для изготовления блоков и проведения взрывных работ (детали из ВВ, до пуска в эксплуатацию завода № 2 в КБ-11, поставляли из НИИ-6).

К началу разработки атомных зарядов отечественные ученые-физики в какой-то степени были готовы к работам по созданию атомной бомбы, а для конструкторов эта тематика была совершенно новой. Они не знали физических основ устройства ядерных зарядов, новых материалов, применяемых в их конструкции, их физико-механических свойств, условий совместного хранения и т.д.

Конструкция заряда была сделана с учетом отечественных технологических возможностей и с обеспечением прочностных и эксплуатационных требований, определяемых нашими условиями.

При первоначальной организации разработки составных элементов заряда, когда к работам были привлечены институты и предприятия различных министерств, создалась проблема, связанная с тем, что документация была разработана по различным ведомственным руководящим материалам (инструкции, технические условия, нормалы, построение чертежного обозначения и т.д.). Это положение сильно затрудняло производство из-за больших различий в требованиях к изготавливаемым элементам заряда. Положение было исправлено в 1948–1949 годах с назначением заместителем главного конструктора и начальником научно-конструкторского сектора КБ-11 Н.Л. Духова. Он привез с собой из ОКБ-700 (Челябинск) принятую там «Систему чертежного хозяйства» и организовал переработку ранее разработанной документации, приведя ее к единой системе. Новая система подошла к условиям специфической разработки, предусматривающей многовариантную проработку конструкций.

Что касается радио- и электротехнических элементов заряда (РДС-1), то они целиком были отечественной разработки. Причем, они разрабатывались с дублированием наиболее ответственных элементов (для обеспечения необходимой надежности) и возможной миниатюризации.

Жесткие требования к надежности срабатывания заряда, безопасность работы с зарядом, сохранение качеств заряда в период гарантийного срока его годности обусловили тщательность отработки конструкции.

18 октября 1947 года в «Заключении о ходе работ по объекту» Н.Н. Семенов, А.П. Александров и Я.Б. Зельдович отмечают, что «для работы по критическим массам строится павильон; до сих пор в КБ-11 не ведется никакой подготовки методики и проработки способов безопасного ведения эксперимента».

За последующий год ситуация изменилась, и в протоколе от 5 января 1949 года по обсуждению работ по определению ядерных констант плутония и критических масс в КБ-11 по докладу Г.Н. Флерова констатируется, что критическая масса будет определяться тремя методиками, а стенд для измерения критической массы находится в стадии изготовления.

Привлечение в 1946 году ГСКБ-47 к выбору обводов корпуса атомной бомбы, его проектированию и изготовлению не принесло успеха, хотя это КБ было основным отечественным разработчиком авиационных бомб. Разработанный вслед за этим в КБ-11 в той же, традиционной манере «собственный» вариант корпуса тоже не выдержал летных испытаний.

Причиной была недостаточная устойчивость корпусов на траектории падения, то есть появление колебаний с недопустимо большими амплитудами. Жесткие ограничения на величину этих амплитуд – это то требование, которое ранее не предъявлялось к «обычным» авиабомбам.

Одновременно с разработкой «своего» варианта к выбору обводов корпуса атомной бомбы КБ-11 привлекло ЦАГИ. Продувки в его аэродинамических трубах беспрецедентного числа вариантов обводов (более 100, под руководством академика С.А. Христиановича) начали приносить успех. Этот вариант стал штатным и явился прототипом обводов почти всех ядерных бомб разработки КБ-11.

Необходимость использовать сложную систему автоматики – вот еще одно принципиальное отличие от разработки «обычных» авиабомб.

Система автоматики состояла из ступеней предохранения и датчиков дальнего взведения; пусковых, «критических» и контактных датчиков; источников энергии (аккумуляторов) и системы инициирования (в том числе, комплекта капсюлей-детонаторов), обеспечивающей синхронное срабатывание последних, с разновременностью из микросекундного диапазона.

Таким образом, испытания 1949 года – это были испытания не только атомного устройства, но и первой атомной бомбы как оружия:

- был определен самолет-носитель – бомбардировщик ТУ-4;
- разработаны несколько вариантов конструкций авиабомб; проведены их летные испытания и выбраны удовлетворяющие требованиям атомного оружия обводы и конструкции;
- разработана автоматика бомбы и приборного пульта самолета, гарантировавшая безопасность подвески, полета и сброса АБ, реализацию воздушного подрыва на заданной высоте и одновременно – сохранность самолета после атомного взрыва.

Следует отметить, что еще до создания первой атомной бомбы, в 1948 году была поставлена задача проведения исследований по вопросу возможности создания эффективных средств противодействия атомному оружию. С таким предложением выступил руководитель Института химической физики АН СССР Н.Н. Семенов. Смысл предложения состоял в изучении воздействия на делящиеся материалы потоков высокоэнергетических частиц (нейтронов, протонов, дейтронов), а также их прохождения через внешние слои атомной бомбы и атмосферу. Предложение предполагало также создание специальных ускорителей, которые позволяли бы получать частицы с энергиями свыше 100 МэВ. Первый этап экспериментальных работ предполагалось проводить на существовавших в то время установках, а также используя естественный фон космических лучей. В августе 1948 года было принято постановление Совета Министров СССР, которое обязывало Институт химической физики, Физический институт АН СССР, Лабораторию №2 и Физико-технический институт АН УССР провести необходимые научно-исследовательские работы по этой проблеме в 1948–1949 годах. Этот проект явился прообразом дальнейших разработок средств противодействия ядерному оружию.

1.3. Кооперация работ КБ-11 и других организаций

В 1945 году Спецкомитет принял постановление о дополнительном привлечении к работам по атомному проекту ряда институтов АН СССР и других научных учреждений. Среди привлекаемых организаций и задач, над решением которых эти организации должны были работать, можно отметить следующие:

1. Физико-технический институт АН СССР (директор – А.Ф. Иоффе):
 - получить весомые количества плутония, для чего срочно достроить и пустить в эксплуатацию циклотрон;
 - разработать метод изготовления сеток для диффузионных разделительных машин;
 - исследовать новые методы разделения изотопов;
 - выполнить расчеты движения ионов в электромагнитных разделительных устройствах.
2. Физический институт АН СССР (директор – С.И. Вавилов):
 - провести расчеты по уран-графитовым и тяжеловодным реакторам;
 - определить поглощение нейтронов в графите и в тяжелой воде;
 - построить модель ускорителя нового типа для получения электронов больших энергий.
3. Радиевый институт АН СССР (директор – В.Г. Хлопин):
 - изучить химические свойства плутония и разработать промышленные способы выделения плутония и радиоактивных веществ из ядерного топлива;
 - изучить коррозию и химические реакции в средах с высокой степенью ионизации;
 - применить толстослойные фотопластинки для исследования ядерных реакций и спектров нейтронов.
4. Коллоидно-электрохимический институт АН СССР (директор – А.Н. Фрумкин):
 - изучить коррозию и химические реакции в средах с высокой плотностью ионизации;
 - изучить химические свойства плутония и разработать промышленные способы выделения плутония и радиоактивных веществ из ядерного топлива.
5. Институт неорганической химии АН СССР (директор – И.И. Черняев):
 - изучить химические свойства плутония и разработать промышленный метод выделения плутония и радиоактивных веществ из ядерного топлива;

- разработать метод изготовления сеток для диффузионной разделительной машины вытравливанием одной компоненты из сплава.
- 6. Институт химической физики АН СССР (директор – Н.Н. Семенов):
 - провести исследования по новым методам разделения изотопов урана.
- 7. Уральский филиал АН СССР (председатель – И.П. Бардин):
 - применить центробежную машину профессора Ланге для разделения изотопов урана.
- 8. Биогеохимическая лаборатория АН СССР (директор – А.П. Виноградов):
 - разработать методы определения примесей в чистом металлическом уране и выполнить эти определения для производимых образцов металла.
- 9. Физический институт АН УССР (директор – А.И. Лейпунский):
 - разработать мощный источник ионов урана.
- 10. Физико-технический институт АН УССР (директор – К.Д. Синельников):
 - изучить взаимодействие монохроматических нейтронов с ядрами урана, плутония и тория.
- 11. Физико-химический институт Наркомхимпрома (директор – Н.М. Жаворонков):
 - разработать теорию и провести экспериментальные исследования процессов выделения дейтерия путем электролиза;
 - исследовать новые химические реакции для изотопного химического обмена;
 - изучить процесс разделения изотопов за счет фильтрации через ультратонкие пористые перегородки;
 - изучить процесс разделения изотопов методом адсорбции и термодиффузии;
 - изучить процесс выделения дейтерия методом дистилляции;
 - изучить металлоорганические соединения урана.
- 12. Всесоюзный институт авиационных материалов Наркомавиапрома:
 - выполнить исследования механических и тепловых свойств графита при разных температурах;
 - разработать методы определения примесей в чистом алюминии.
- 13. Котлотурбинный институт Наркомтяжмаша:
 - изучить вопросы теплопередачи в ядерных реакторах.
- 14. НИИ-6 Наркомбоеприпасов:
 - провести опыты по обжатию металлического шара взрывной волной от шарового слоя тола.
- 15. Центральный институт рентгенологии и радиологии Наркомздрава:
 - разработать вопросы техники безопасности при работах с ураном, циклотронами и другими установками.

Институт химической физики работал по тематике Первого главного управления с 1946 года (отдельные его сотрудники, например, Ю.Б. Харитон – с 1943 года). Эта тематика занимала в плане научно-исследовательской деятельности ведущее место – на ней были сосредоточены усилия около 80% всего состава научных и инженерно-технических сотрудников института.

В первый период (1946–1949) ИХФ занимался решением крупных, принципиальных вопросов, связанных с разработкой теории сходящейся, сферической детонационной волны во взрывчатых веществах, теории воздействия этой волны на металлическое ядро, а также с определением уравнения состояния конструкционных материалов, эффективности взрыва и расчетом критических условий.

Совместно с КБ-11 ИХФ проводил разработку различных методов регистрации быстро протекающих процессов, занимался методическим и аппаратным обеспечением газодинамических исследований. Исходя из общей теории ядерного взрыва, разработанной сотрудниками Института химической физики, были намечены основные направления экспериментального изучения взрыва и создана новая специальная аппаратура, предназначенная для измерения параметров ядерного взрыва и его поражающих факторов.

Сотрудники Радиевого института под руководством академика В.Г. Хлопина работали над промышленной технологией получения плутония и радиохимическими методами извлечения продуктов деления радиоактивных изотопов. Ими была предложена и опробована схема выделения

плутония из растворенных облученных блоков ядерного реактора методом осаждения двойного ацетата натрия и урана или плутония.

Эта схема была апробирована в полупромышленном масштабе и усовершенствована во ВНИИ неорганических материалов под руководством З.В. Ершовой и В.Д. Никольского.

Одним из ведущих специалистов в области радиохимии был член-корреспондент Академии наук СССР А.Н. Никитин.

Первоначальные исследования по урану начались в Гиредмете, а в 1946 году были перенесены во ВНИИ неорганических материалов. Там под руководством А.Н. Вольского и Ф.Г. Решетникова была разработана и освоена восстановительная плавка металла.

Во ВНИИ неорганических материалов в 1947 году был создан отдел металлургии плутония (руководитель академик А.А. Бочвар). В металлургической лаборатории, которую возглавлял А.Н. Вольский, были сформированы группы восстановительной (Ф.Г. Решетников) и рафинировочной (Я.М. Стерлин) плавок плутония. В группе Стерлина в начале 1948 года было получено первое количество плутония. Это подтвердило правильность технологии и позволило разработать промышленную аппаратуру.

Следует отметить, что большинство математических расчетов в то время проводилось в четырех специализированных математических подразделениях:

- в отделе приближенных вычислений Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР, руководимом К.А. Семендяевым;
- расчетном бюро Института физических проблем во главе с Н.Н. Мейманом;
- в математическом отделе Института геофизики АН СССР, руководимом членом-корреспондентом А.Н. Тихоновым;
- в отделе приближенных вычислений Ленинградского отделения Математического института им. В.А. Стеклова под руководством профессора Л.В. Канторовича.

Составные элементы бомбы стали разрабатываться в привлекаемых организациях. На эти работы выдавались самостоятельные ТЗ, но не во всех организациях смогли выполнить необходимые жесткие требования. Поэтому в КБ-11 проводились параллельные работы.

С атомным проектом были связаны масштабные научные программы, реализация которых привела к интенсивному развитию ядерной физики в СССР.

4 марта 1946 года было принято Постановление СНК СССР «О мерах развития исследований космических лучей». В рамках этих работ, в частности, предполагалось:

- выяснение природы космических лучей, их состава и процессов воздействия на ядра частиц сверхвысоких энергий;
- выяснение механизма ядерных превращений, вызываемых космическими лучами;
- проведение работ по разрешению проблемы искусственного получения потоков частиц с энергией, сравнимой с космическими лучами.

Руководство за выполнением этих задач было возложено на С.И. Вавилова, А.И. Алиханова и Д.В. Скобельщина. В этих целях предписывалось, в частности, создать Памирскую и Эльбрусскую высокогорные и Московскую подземную (метрополитен) постоянно действующие станции по изучению космических лучей.

В августе 1946 года Л.П. Берия направил И.В. Сталину письмо с представлением на утверждение проекта постановления СМ СССР «О проектировании и сооружении мощного резонансного ускорителя электронов» по проекту В.И. Векслера. Целью создания ускорителя с энергией электронов до 1 ГэВ было исследование их взаимодействия с атомными ядрами и получение мезонов. Проект был связан с проблемой ядерного оружия. Постановление СМ СССР было утверждено 13 августа 1946 года.

В августе 1946 года Л.П. Берия направил И.В. Сталину письмо с представлением на утверждение проекта постановления СМ СССР «О строительстве мощного циклотрона» с энергией частиц до 0,25 ГэВ, близких к энергии космических лучей. Предполагалось, в частности, что установка позволит «перейти к открытию новых физических явлений (открытию новых элементов, новых способов получать атомную энергию из более дешевых источников, чем уран)». Инициатива пред-

ложения исходила от С.И. Вавилова, И.В. Курчатова, А.И. Алиханова, Д.В. Скобельцина и Л.А. Арцимовича. Постановление было утверждено 13 августа 1946 года.

22 апреля 1946 года С.Н. Вавилов направил в Спецкомитет (В.А. Махневу) записку об организации исследований в связи с проблемой использования атомной энергии. В этой записке фактически идет речь о взаимном влиянии атомной проблемы и развития фундаментальных научных исследований. В записке, в частности:

- предлагается мобилизовать и реорганизовать математику, прежде всего за счет использования «машинной» математики. В этом плане в системе АН СССР предлагалось создать специальный Институт «машинной» математики и приближенных вычислений;
- отмечается, что возможность использования атомной энергии дает способ концентрации огромной энергии в опытных установках разного рода, что позволит изучать свойства материалов при чрезвычайно высоких давлениях, плотностях и температурах, исследовать распространение излучения при огромных интенсивностях;
- отмечается необходимость исследований новых методов физических измерений различных физических величин и явлений;
- указывается, что большое значение приобретают исследования фотохимических процессов под действием интенсивной световой радиации, химических процессов под действием нейтронов и других частиц, химических реакций и кинетики при очень больших давлениях и температурах;
- указывается на необходимость широкого использования сейсмологии и сейсмических приборов для изучения мощных взрывов, сопровождающих быстрое освобождение ядерной энергии;
- отмечается, что огромные запасы ядерной энергии могут быть привлечены для искусственного изменения климата (таяние льдов, расширение водоемов, создание плотин, центров конденсации воды);
- отмечается необходимость широкого проведения исследований действия радиации на человека, животных и растения и развития в этих целях физиологии, генетики, медицины и агрономии.

16 октября 1946 года Постановлением СМ СССР предписывало развивать научно-исследовательские работы по изучению атомного ядра и использованию ядерной энергии в технике, химии, медицине и биологии. К числу тем исследований, в частности, относились:

- поисковые работы по прямому преобразованию энергии радиации в другие формы энергии;
- развитие методов измерения акустических волн, сопровождающих взрыв на больших расстояниях;
- сжимаемость металлов при высоких и сверхвысоких давлениях;
- радиохимические исследования;
- определение вещественного носителя урана в естественных рудах;
- изучение радиоактивного распада в земной коре;
- фотохимические процессы в белках при поглощении ультрафиолетовых, рентгеновских и корпускулярных лучей;
- влияние облучения ионизирующей радиацией на рост и обмен веществ;
- действие радиоактивных излучений на органы человека;
- действие радиоактивных излучений на элементарные биологические процессы;
- терапевтическое применение новых видов радиации и радиоактивных веществ.

К этим же видам работ относились:

- разработка методов, организация и проведение машинно-вычислительных работ;
- изучение ядерного фотоэффекта на бериллии;
- изучение свойств нейтрино и его влияния на ядерные процессы;
- конструирование типовых приборов для радиоактивных исследований;
- изучение оптики световых потоков большой интенсивности;

- изучение обмена веществ в растениях с помощью меченых атомов.

Важное значение имела организация исследований в области обеспечения радиационной безопасности.

29 июня 1946 года было принято Постановление СМ СССР об организации радиационной лаборатории в системе АМН СССР, которое предписывало организовать радиационную лабораторию, как самостоятельное научно-исследовательское учреждение с использованием кадров и материальной базы Института экспериментальной биологии. Лаборатории, в частности, предписывалось проводить:

- всестороннее исследование механизма биологического действия рентгеновских и γ -лучей, нейтронов, излучений искусственных радиоактивных веществ на живой организм;
- разработку методов диагностики воздействия радиации и определения действующих доз;
- экспериментальную разработку методов лечения радиационного поражения.

Директором радиационной лаборатории был назначен Г.М. Франк.

17 февраля 1947 года Распоряжение СМ СССР предписывало организовать сектор дозиметрии в составе Радиационной лаборатории АМН СССР. Сектору поручались:

- разработка методов измерения интенсивности радиации;
- конструирование опытных образцов дозиметрических приборов;
- разработка средств индивидуальной и коллективной защиты;
- разработка нормативов на производствах.

1.4. Первая атомная бомба

Конструктивно первая атомная бомба состояла из следующих принципиальных составных узлов:

- ядерного заряда;
- взрывного устройства и системы автоматики подрыва заряда с системами предохранения;
- баллистического корпуса авиабомбы, в котором размещались ядерный заряд и автоматика подрыва.

Основополагающие условия, определившие конструкцию бомбы РДС-1, были связаны:

- с решением максимально сохранить в заряде принципиальную схему американской атомной бомбы, испытанной в 1945 году;
- с необходимостью, в интересах безопасности окончательную сборку заряда, установленного в баллистическом корпусе бомбы, осуществлять на полигоне, непосредственно перед подрывом;
- с возможностью бомбометания РДС-1 с тяжелого бомбардировщика ТУ-4.

Атомный заряд бомбы РДС-1 представлял собой многослойную конструкцию, в которой перевод активного вещества – плутония в надкритическое состояние осуществлялся за счет его сжатия посредством сходящейся сферической детонационной волны во взрывчатом веществе.

В центре ядерного заряда размещался плутоний, конструктивно состоящий из двух полусферических деталей. Масса плутония была окончательно определена в июле 1949 года.

В полости плутониевого ядра в составной оболочке из природного урана устанавливался нейтронный запал. В течение 1947–1948 годов было рассмотрено около 20 различных предложений, касавшихся принципов действия, устройства и усовершенствования нейтронного запала.

Одним из наиболее сложных узлов первой атомной бомбы РДС-1 был заряд взрывчатого вещества из сплава тротила с гексогеном.

Выбор внешнего радиуса ВВ определялся, с одной стороны, необходимостью получения удовлетворительного энерговыделения, а, с другой, – допустимыми внешними габаритами изделия и технологическими возможностями производства.

Первая атомная бомба разрабатывалась применительно к подвеске ее в самолете ТУ-4, бомболюк которого обеспечивал возможность размещения изделия диаметром до 1500 мм. Исходя из этого габарита, и был определен диаметр баллистического корпуса бомбы РДС-1. Заряд ВВ конструктивно представлял собой полый шар и состоял из двух слоев.

Внутренний слой формировался из двух полусферических оснований, изготовленных из отечественного сплава тротила с гексогеном.

Внешний слой заряда ВВ РДС-1 собирался из отдельных элементов. Этот слой, предназначенный для формирования в ВВ сферической сходящейся детонационной волны и получивший название фокусирующей системы, был одним из основных функциональных узлов заряда, во многом определявшим его тактико-технические показатели.

Основным назначением системы автоматики бомбы было осуществление ядерного взрыва в заданной точке траектории. Часть электрооборудования бомбы размещалась на самолете-носителе, а отдельные его элементы – на ядерном заряде.

Для повышения надежности срабатывания изделия отдельные элементы автоматики подрыва были выполнены по двухканальной (дублирующей) схеме. На случай отказа систем высотного взрывателя в конструкции бомбы было предусмотрено специальное устройство (ударный датчик) для осуществления ядерного взрыва при ударе бомбы о грунт.

Уже на самом начальном этапе разработки ядерного оружия стало очевидным, что исследование процессов, протекающих в заряде, должно пойти по расчетно-экспериментальному пути, позволявшему корректировать теоретический анализ по результатам опытных данных о газодинамических характеристиках ядерных зарядов.

Газодинамическая отработка ядерного заряда включала в себя целый ряд исследований, касающихся постановки экспериментов и регистрации быстротекущих процессов, включая распространение детонационных и ударных волн в гетерогенных средах. Исследования свойств веществ на газодинамической стадии работы ядерных зарядов, когда диапазон давлений достигает десятков миллионов атмосфер, потребовали разработки принципиально новых методов исследований, включая разработку новых методов регистрации высокоскоростных процессов. В Научно-исследовательском Секторе КБ-11 были заложены основы отечественной высокоскоростной фотохронографии со скоростью развертки до 10 км/с и скоростью съемки порядка 1 млн. кадров в секунду.

Для расчетно-теоретического обоснования работоспособности первого изделия принципиально важно было знание параметров состояния продуктов взрыва (ПВ) за фронтом детонационной волны, а также динамику сферически-симметричного сжатия центральной части изделия. Для этого в 1948 году Е.К. Завойским был предложен и разработан электромагнитный метод регистрации массовых скоростей продуктов взрыва за фронтом детонационных волн, как при плоском, так и сферическом взрыве.

Распределение скорости продуктов взрыва производилось параллельно и методом импульсной рентгенографии В.А. Цукерманом.

Применение новых методов и новых регистраторов в исследованиях КБ-11 позволило уже на старте работ по созданию атомного оружия получить необходимые данные о динамической сжимаемости конструкционных материалов.

Экспериментальные исследования свойств веществ, входящих в состав физической схемы заряда, создавали фундамент для верификации физических представлений о процессах, происходящих в заряде на газодинамической стадии его работы.

В целом исследования сжимаемости веществ в условиях динамического сжатия привели к созданию во ВНИИЭФ всемирно известной школы физики высоких импульсных давлений.

Принципиальную важность имели адекватное понимание и конкретные измерения процессов, происходящих при сферически сходящейся детонации ВВ, а также отработка соответствующих элементов конструкции и разработка технологии их изготовления. В итоге в сжатые сроки была создана практически новая технология прецизионного конструирования крупногабаритных конструкций, содержащих ВВ.

Отметим, что еще в 1948 году Е.П. Феоктистовой были проведены первые исследования тонких переходных процессов развития детонации при инициировании ВВ.

Прикладные газодинамические исследования имели цель разработки и экспериментальной проверки реальных конструкций ядерных зарядов. В экспериментах на моделях и натурных макетах воспроизводились все этапы работы заряда от создания систем инициирования и процесса возбуждения детонации в заряде до регистрации фактического сжатия имитатора активного вещества путем импульсного рентгенографирования.

В 1947 году А.С. Козырев сформулировал идею осуществления реакции термоядерного синтеза при сферически сходящемся взрыве путем сжатия малых масс термоядерного горючего. Это предложение является исторически первым направлением работ по термоядерному синтезу с инерциальным удержанием плазмы.

1.5. Подготовка полигона к испытанию РДС-1

Место для испытательного полигона было выбрано в районе города Семипалатинска Казахской ССР в безводной степи с редкими заброшенными и пересохшими колодцами, солеными озерами, частично покрытой невысокими горами.

Площадка, предназначенная для сооружения испытательного комплекса, представляла собой равнину диаметром примерно 20 км, окруженную с юга, запада и севера невысокими горами.

Штаб воинского подразделения, ответственного за подготовку полигона к испытанию, и жилой городок с научной и материальной базой, располагались на берегу реки Иртыш в 60 км к северо-востоку от испытательной площадки и в 120 км от Семипалатинска.

Строительство полигона было начато в 1947 году, а к июлю 1949 года было закончено. Всего за два года были выполнены работы колоссального объема, с отличным качеством и на высоком техническом уровне. Все материалы доставлялись на строительные площадки автомобильным транспортом по грунтовым дорогам за 100–200 км. Движение было круглосуточным и зимой, и летом.

Для проведения испытаний атомной бомбы на полигоне были подготовлены:

- опытное поле радиусом 10 км, оборудованное специальными сооружениями для проведения испытания, наблюдения и регистрации физических измерений;
- площадка «Н» со зданиями и сооружениями, предназначенными для сборки бомбы перед испытанием, хранения деталей атомной бомбы, аппаратуры и оборудования;
- площадка «Ш», предназначенная для размещения штаба и энергосилового обеспечения опытного поля.

На опытном поле находились многочисленные сооружения с измерительной аппаратурой, военные, гражданские и промышленные объекты для изучения воздействия поражающих факторов ядерного взрыва.

В центре опытного поля находилась металлическая башня высотой 37,5 м для установки РДС-1.

Опытное поле было разделено на 14 испытательных секторов: два фортификационных сектора; сектор гражданских сооружений; физический сектор; военные сектора для размещения образцов военной техники; биологический сектор.

По радиусам в северо-восточном и юго-восточном направлениях на различных расстояниях от центра были сооружены приборные здания для размещения в них фотохронографической, кино- и осциллографической аппаратуры, регистрирующей процессы ядерного взрыва.

На расстоянии 1000 м от центра было сооружено подземное здание для аппаратуры, регистрирующей световые, нейтронные и гамма-поток ядерного взрыва.

Оптическая и осциллографическая аппаратура управлялась по кабелям с программного автомата.

Для изучения воздействия ядерного взрыва на опытном поле были построены отрезки тоннелей метро, фрагменты взлетно-посадочных полос аэродромов, размещены образцы самолетов, танков, артиллерийских ракетных установок, корабельных надстроек различных типов. Для перевозки этой военной техники понадобилось 90 железнодорожных вагонов.

Для обеспечения работы физического сектора на полигоне было построено 44 сооружения и кабельная сеть протяженностью 560 км.

1.6. Проведение испытания РДС-1

Правительственная комиссия по проведению испытания РДС-1 под председательством М.Г. Первухина приступила к работе 27 июля 1949 года. 5 августа комиссией было сделано заключение о полной готовности полигона и предложено в течение 15 дней провести детальную отработку операций по сборке и подрыву изделия. Определилось время испытания – последние числа августа.

Научным руководителем испытания был назначен И.В. Курчатов, от Министерства обороны подготовкой полигона к испытаниям руководил генерал-майор В.А. Болятко, научное руководство полигоном осуществлял М.А. Садовский.

В период с 10 по 26 августа было проведено 10 репетиций по управлению испытательным полем и аппаратурой подрыва заряда, а также три тренировочных учения с запуском всей аппаратуры и 4 подрыва натуральных ВВ с алюминиевым шаром от автоматики подрыва.

Тренировочные учения подтвердили хорошее качество сборки заряда, безотказность системы автоматики подрыва и взрывной линии, готовность всех служб и личного состава к проведению натурного испытания.

После проведения генерального тренировочного опыта система управления была передана К.И. Щёлкину, в ведении которой она находилась до ядерного испытания.

21 августа специальным поездом на полигон были доставлены плутониевый заряд и четыре нейтронных запала, один из которых должен был использоваться при подрыве боевого изделия.

Научный руководитель опыта И.В. Курчатов, в соответствии с указанием Л.П. Берия, отдал распоряжение об испытании РДС-1 29 августа в 8 часов утра местного времени.

В ночь на 29 августа 1949 года была проведена окончательная сборка заряда.

Сборку центральной части с установкой деталей из плутония и нейтронного запала проводила группа в составе Н.Л. Духова, Н.А. Терлецкого, Д.А. Фишмана и В.А. Давиденко.

Окончательный монтаж заряда был завершён к 3 часам утра 29 августа под руководством А.Я. Мальского и В.И. Алферова. Члены специального комитета Л.П. Берия, М.Г. Первухин и В.А. Махнев контролировали ход заключительных операций.

К 6 часам утра заряд подняли на испытательную башню, было завершено его снаряжение взрывателями и подключение к подрывной схеме.

Из-за ухудшения погоды со сдвигом раньше на один час стали проводиться все работы, предусмотренные по утвержденному регламенту.

В 6 часов 35 минут операторы включили питание системы автоматики, а в 6 часов 48 минут был включен автомат испытательного поля.

Ровно в 7 часов утра 29 августа 1949 года вся местность озарилась ослепительным светом, который озаменовал, что СССР успешно завершил разработку и испытание первой атомной бомбы.

Л.П. Берия поздравил всех с успешным испытанием, а И.В. Курчатова и Ю.Б. Харитона расцеловал. Но внутри, видимо, у него оставались еще какие-то сомнения в полноте взрыва, поскольку он не стал сразу звонить и докладывать И.В. Сталину об успешном испытании, а поехал на второй наблюдательный пункт, где находился физик-ядерщик М.Г. Мещеряков, который в 1946 году присутствовал на показательных испытаниях атомных зарядов США на атолле Бикини.

На втором наблюдательном пункте Л.П. Берия так же поздравил М.Г. Мещерякова, Я.Б. Зельдовича, Н.Л. Духова и других участников испытания. После этого он придирчиво расспрашивал Мещерякова о внешнем эффекте американских взрывов. Мещеряков заверил, что наш взрыв по внешней картине превосходит американские.

Получив подтверждение очевидца, Берия поехал в штаб полигона с тем, чтобы сообщить Сталину об успешном испытании.

Через 20 минут после взрыва к центру поля были направлены два танка, оборудованные свинцовой защитой, для проведения радиационной разведки и осмотра центра поля.

Разведкой было установлено, что все сооружения в центре поля снесены. На месте башни образовалась воронка, почва в центре поля расплавилась и образовалась сплошная корка шлака. Гражданские здания и промышленные сооружения были полностью или частично разрушены.

Использованная в опыте аппаратура позволила провести оптические наблюдения и измерения теплового потока, параметров ударной волны, характеристик нейтронного и гамма-излучений, определить уровень радиоактивного загрязнения местности в районе взрыва и вдоль следа облака взрыва, изучить воздействие поражающих факторов ядерного взрыва на биологические объекты.

Энерговыделение первой советской атомной бомбы составило 22 килотонны тротилового эквивалента.

1.7. Итоги испытания РДС-1

Политическое, военно-промышленное и научное руководство программой создания первой советской атомной бомбой были удовлетворены результатами ее испытания.

Первая советская атомная бомба была разработана и успешно испытана.

Была получена прямая экспериментальная информация об исключительных последствиях воздействия ядерного взрыва созданного боеприпаса на элементы военной техники и промышленных сооружений. Появилась практическая основа для учета возможностей использования ядерного оружия в военных операциях.

Была подтверждена правильность разработанной системы представлений об особенностях работы ядерных зарядов, и открыта возможность для дальнейшего совершенствования ядерного оружия.

Была подтверждена достоверность полученной информации, заложенной в реализацию советского атомного проекта.

СССР стал обладателем технологии создания ядерного оружия и сумел развернуть его промышленное производство.

Основная цель испытания состояла в экспериментальном подтверждении правильности выбранной технологии создания ядерного оружия. Особое значение придавалось тому, чтобы в первом взрыве была проверена копия американской атомной бомбы. Такой подход позволил:

- в максимальной степени уменьшить риск провала в первом эксперименте (что имело исключительно важное значение в условиях ядерной монополии США);
- подтвердить технологии и создать образец атомной бомбы в качестве отправной точки для совершенствования ядерного оружия;
- экспериментально исследовать возможности воздействия ядерного взрыва, как взрыва типичного ядерного боеприпаса США;
- практически проверить уровень качества ключевых материалов и деталей, необходимых для создания ядерного оружия.

Следует отметить принципиальную важность того обстоятельства, что хотя схема заряда была аналогичной американской, но ее конструкция, производство и технология были советские.

Малая серия атомных зарядов типа РДС-1 была заложена на хранение в Арзамасе-16 в количестве пяти штук в 1950 году. Это был чрезвычайный запас на случай чрезвычайных обстоятельств.

История разработки первой атомной бомбы СССР являет собой образец высокой организованности всех служб самой разной направленности, самоотверженной работы всех участников ее создания, четкости взаимодействия и высокой ответственности за порученное дело.

В этот период был выработан особый стиль работы всего коллектива исследователей, конструкторов, технологов, производства и администрации, при котором, несмотря на строгие условия режима секретности, в рамках допустимого, имело место постоянное и четкое взаимодействие всех подразделений с полным пониманием важности и необходимости выполнения стоящих перед каждым задач.

Итогом реализации советского атомного проекта явилось создание в августе 1949 года опытного образца первой атомной бомбы и его успешное испытание 29 августа 1949 года. Отставание в развитии ядерного оружия СССР по сравнению с США составило всего четыре года. Президент США долго не мог поверить, что «эти азиаты могли сделать такое сложное оружие, как атомная бомба», и только 23 сентября 1949 года он объявил американскому народу, что СССР испытал атомную бомбу.

2. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ОБРАЗЦОВ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

2.1. Атомные бомбы РДС-2, РДС-3

10 июля 1948 года Постановлением Совета Министров СССР план работ КБ-11 был дополнен рядом перспективных разработок. Он, в частности, предписывал провести до 1 января 1949 года теоретическую и экспериментальную проверку данных о возможности осуществления следующих конструкций РДС:

- РДС-3 – атомная бомба имплозивного типа «сплошной» конструкции с использованием Pu-239 и U-235;
- РДС-4 – атомная бомба имплозивного типа оболочечно-ядерной конструкции (с полостью, внутри которой подвешено ядро) с Pu-239;
- РДС-5 – то же, что РДС-4 с использованием Pu-239 и U-235.

Уже в период работы над первой советской атомной бомбой РДС-1, в основу которой была положена схема американской атомной бомбы, ученым-специалистам стали видны недостатки принципиальной схемы ее конструкции.

Сферический заряд ВВ бомбы РДС-1 окружала фокусирующая система, состоящая из элементов, инициируемых одновременно детонаторами и преобразующих расходящиеся детонационные волны от детонаторов в одну сферически сходящуюся.

Работа фокусирующего элемента основана на разнице скоростей детонации его составных частей. Устройство элемента обеспечивает одинаковое время прохождения детонации от точки инициирования до любой точки его внутренней сферической поверхности, несмотря на разные пути. В качестве составных частей элемента использовались два типа ВВ с разными скоростями детонации.

Существенным недостатком фокусирующей системы РДС-1 была большая толщина и, соответственно, масса фокусирующего слоя, составлявшая около 67% от общей массы ВВ. Это было связано с малой разницей в скоростях детонации ВВ, применяемых в фокусирующих элементах.

После испытания первой атомной бомбы РДС-1 усилия разработчиков были сосредоточены на совершенствовании конструкции заряда и его технических характеристик. Принцип имплозии усовершенствовался в направлении уменьшения массы заряда и повышения его мощности. Основной вклад в развитие идеи по повышению эффективности имплозии и ее претворению в жизнь внесли Л.В. Альтшулер, Е.И. Забабахин, Я.Б. Зельдович, К.К. Крупников.

Следующие после РДС-1 испытания атомных зарядов были проведены лишь во второй половине 1951 года. Разработанным конструкциям атомного заряда были даны обозначения РДС-2, РДС-3 (различались они только составом ядерной начинки). Как отмечалось выше, решение о создании усовершенствованных вариантов атомных бомб было принято постановлением СМ СССР еще в июне 1948 года и было подтверждено после испытания РДС-1. На это решение и на облик первых модификаций РДС определенное влияние оказала, по-видимому, информация, переданная Клаусом Фуксом в 1948 году в Лондоне.

Эта информация была связана с идеями по усилению имплозии и совместному использованию различных делящихся материалов.

Одной из них была идея оболочечно-ядерной конфигурации центральной части, в которой активное ядро размещается в полости основной оболочки, ускоряемой процессом имплозии. В США эта идея называется принципом левитации.

Левитирующие ядра начали рассматриваться в конструкциях США с июля 1945 года, а первое испытание заряда с использованием левитации было намечено на лето 1946 года. Делящийся материал обычно подвешивался внутри темпера при помощи проволоки (спицы или растяжки) так, чтобы не вносить существенных возмущений в процесс имплозии.

Техника левитации позволяла передать как можно больше энергии для сжатия делящихся материалов и тем самым увеличить энерговыделение. Сам способ взрывного ускорения массы материала после удара по нему другой массы был хорошо известен еще во время Второй мировой войны. Он позволял в несколько раз увеличить интенсивность ударной волны. Этот высокоскоростной

удар приводил в результате к лучшему сжатию делящегося ядра. Тот факт, что эта схема не использовалась в первых ядерных зарядах 1945 года, определялся стремлением уменьшить риск при проведении первых испытаний (одним из факторов риска считалось возможное возмущение симметрии имплозии).

Только в 1948 году США провели три испытания новых ядерных зарядов, вошедших в операцию Sandstone. Основными задачами этих испытаний были:

- испытание принципа левитации с целью повышения сжатия делящихся материалов;
- испытание принципа композиции делящихся материалов (одновременное использование плутония и урана-235 в ядерном заряде);
- исследование имплозивной системы на основе U-235;
- исследование поведения моделей с темперами различной толщины;
- испытание имплозивного оружия для создания приемлемого минимального боезапаса.

В СССР аналогичная программа (кроме испытания имплозивного заряда на основе U-235) была реализована в 1951 году. Эти испытания показали, что применение принципа левитации позволяет приблизительно в два раза повысить эффективность использования делящихся материалов, а применение композитной схемы позволяет при равном энерговыделении существенно экономить плутоний. Эти выводы были аналогичны тем, которые были сделаны в США за три года до этого по результатам испытаний операции Sandstone.

Отметим, что принцип левитации, как отмечалось выше, предоставляет весьма разнообразные возможности по выбору конфигураций размещения делящихся материалов в ядерных зарядах, и многие из них были со временем востребованы и практически реализованы. В этом плане он оказал глубокое и эффективное влияние на развитие ядерной программы СССР.

В конструкциях РДС-2, РДС-3 был сохранен один из основных геометрических параметров заряда РДС-1 – наружный радиус основного сферического заряда ВВ и взрывчатый состав – смесь тротила с гексогеном в соотношении 1:1 – ТГ 50/50.

Исследования газодинамических процессов и отработка взрывных элементов заряда проводились группами ученых и экспериментаторов под руководством В.К. Боболева, А.Д. Захаренкова, Г.А. Цыркова. Одной из основных задач этих исследований было определение оптимальных параметров (радиуса, массы, толщины) слоев заряда. Численное решение этой задачи велось в математическом институте им. Стеклова Академии Наук СССР под руководством К.А. Семендяева.

Фокусирующая система РДС-2, РДС-3 принципиально отличалась от фокусирующей системы, применяемой в РДС-1. В ней удалось устранить недостаток, обусловленный принципом работы фокусирующего элемента на разнице в скоростях используемых ВВ, что дало возможность существенно уменьшить высоту и массу фокусирующего слоя.

Конструкция атомных зарядов РДС-2 и РДС-3 также как РДС-1, в целях безопасности предусматривала окончательную сборку, связанную с установкой узлов с делящимися материалами через канал в заряде с помощью монтажной оснастки и соответствующего контрольного инструмента. Эта операция проводилась на полигоне непосредственно перед взрывом зарядов.

Конструктивно канал был выполнен следующим образом. В сферическом заряде ВВ имелось сквозное коническое отверстие, которое в рабочем состоянии заряда закрывалось соответствующей конической пробкой из ВВ. Наружный корпус заряда, окружающий заряд ВВ и фокусирующую систему и каскад внутренних оболочек центральной части, имел соответствующих размеров люки, расположенные по оси пробки ВВ и закрываемые с помощью разъемных соединений крышками или заглушками той же толщины и того же материала, что и сами оболочки. Технология окончательной сборки заряда предусматривала последовательную установку и соответствующий контроль ядерной начинки и составных деталей и узлов сборочного канала.

Заряды РДС-2, РДС-3 были успешно испытаны 24 сентября и 18 октября 1951 года соответственно. Их диаметр и масса, по сравнению с РДС-1, уменьшились, а мощность увеличилась приблизительно в два раза. Для инициирования цепной реакции в них применялся нейтронный запал, аналогичный запалу РДС-1, расположенный в центре заряда, испускавший нейтроны при воздействии на него ударной волны.

Одним из принципиальных вопросов, возникших перед полигонными испытаниями, стал вопрос, как испытывать: на башне, как РДС-1, или путем сбрасывания бомбы с самолета?

На заседании научно-технического совета, где обсуждался вопрос проведения испытаний на Семипалатинском полигоне, мнения разделились. Разработчики зарядов во главе с Ю.Б. Харитоновым считали, что испытания надо проводить на башне (по аналогии с РДС-1), с целью более точного определения мощности и получения более достоверной информации по развитию цепной реакции.

Руководители атомного проекта во главе с И.В. Курчатовым высказались за проведение летных испытаний атомной бомбы с бомбометанием ее с самолета по цели. В этом случае кроме определения эффективности взрыва впервые в СССР было бы проведено испытание боевой атомной бомбы.

Окончательное решение вопроса было перенесено в Первое главное управление. На этом уровне постановили провести боевое испытание с бомбометанием с самолета ТУ-4. Однако в результате дальнейших обсуждений было принято «соломоново решение»: РДС-2 с начинкой из плутония испытать на башне, а РДС-3 с комбинированной ядерной начинкой – бомбометанием с самолета. Так и поступили: РДС-2 была взорвана на башне высотой 30 м ($E = 38$ кт), РДС-3 – сброшена на цель с высоты 10 км и взорвана на высоте 400 м над уровнем земли ($E = 42$ кт). Таким образом, 18 октября 1951 года в СССР впервые была испытана атомная бомба путем бомбометания по цели.

Принципиальные отличия РДС-2, РДС-3 от РДС-1, заложенные в схему и конструкцию зарядов, легли в основу развития отечественного ядерного оружия. Ядерные боеприпасы РДС-2 и РДС-3 были переданы в серийное производство.

2.2. Атомные заряды для первых тактических ядерных боеприпасов

Заряды РДС-2, РДС-3 создавались как боеприпас (авиабомба) для тяжелых бомбардировщиков. Планы дальнейшего совершенствования авиабомб были связаны с созданием атомной бомбы меньшего калибра и массы с целью возможности использования для бомбометания со средних реактивных бомбардировщиков ИЛ-28, базирующихся на аэродромах европейского театра военных действий.

В ходе испытаний 1953 года решался ряд важных научно-технических задач по совершенствованию ядерных зарядов. Прежде всего это были работы по существенному (в 1,5 раза) уменьшению диаметра ядерного заряда и соответствующему (в 3 раза) уменьшению его массы.

По своим габаритам, массе и элементам подвески такая атомная бомба должна была соответствовать фугасной авиабомбе. В основу принципиальной схемы и конструкции этой разработки, получившей название РДС-4, был положен опыт разработки РДС-2 и РДС-3.

В РДС-4 была использована ядерная начинка и нейтронный запал заряда РДС-2. В качестве ВВ использовался также состав ТГ 50/50, но объем ВВ был существенно уменьшен.

Бомба РДС-4 была успешно испытана 23 августа 1953 года на Семипалатинском полигоне сбрасыванием с самолета. Бомба подвешивалась к самолету ИЛ-28, который в сопровождении самолета-дублера и двух истребителей МИГ-17 набрал высоту 11000 м и, выйдя на боевой курс, сбросил бомбу над целью. Бомба взорвалась на высоте 600 м. Энерговыделение взрыва составило 28 кт.

В дальнейшем заряд бомбы РДС-4 был также использован в качестве боевого оснащения баллистических ракет средней дальности Р-5М.

В соответствии с постановлением Правительства от 10 апреля 1954 года, разработка ракеты Р-5М была начата в ОКБ-1, которое возглавлял главный конструктор С.П. Королев. Максимальная дальность ракеты составляла 1200 км, что позволяло ей достигать различных целей на территории Европы. Эта система была первой БР с ядерным боевым оснащением. Она представляла собой одноступенчатую ракету на жидком топливе с моноблочной ГЧ и забрасываемым весом 1,35 тонны.

В 1953 и 1954 годах проводились расчетно-теоретические исследования и конструкторские разработки, связанные с уменьшением массы дефицитного плутония в зарядах. В этот период времени еще не было произведено необходимого количества делящихся материалов.

Еще в 1949 году в процессе отработки первой атомной бомбы И.В. Сталин, заслушивая доклады руководителей основных работ о подготовке РДС-1 к испытаниям, задал вопрос Ю.Б. Харитону: «Нельзя ли вместо одной бомбы из имеющегося для заряда количества плутония сделать две, хотя и более слабые? Чтобы одна оставалась в запасе». Ю.Б. Харитон, имея в виду, что нарабо-

танное к тому времени количество плутония как раз соответствует заряду, изготавливаемому по американской схеме, и излишний риск недопустим, ответил отрицательно. Не исключено, что этот эпизод в значительной мере повлиял на развертывание исследований по минимизации в зарядах количества плутония, экспериментальному определению зависимости от него мощности, исследований других физических эффектов, возникающих при этом.

В ходе полигонных испытаний 1953 и 1954 годов были получены важные результаты для дальнейших проработок и оптимизации массы плутония и энерговыделения заряда на принципе имплозии. Результаты этих полигонных испытаний были положены в основу разработки модификации атомной бомбы РДС-4 с меньшей по массе ядерной начинкой и, соответственно, меньшей мощности – варианта РДС-4М.

В 1953 и 1954 годах началась разработка атомного заряда для торпеды Т-5. Торпеда имела стандартный калибр 533 мм. По сравнению с предыдущими разработками заряда серии РДС-4, необходимо было существенно сократить диаметр заряда.

Конструктивное решение проблемы заключалось в уменьшении радиуса, а, следовательно, и массы ВВ, что приводило к снижению мощности заряда. Это потребовало кардинально изменить конструкцию и приблизить корпус заряда к внутренней поверхности корпуса боевого отсека торпеды. Подход к конструкции заряда остался таким же, как и у ранее разработанных зарядов серии РДС, однако, в качестве ВВ был применен более мощный по сравнению с ТГ 50/50 состав с другим соотношением составляющих компонентов.

Теоретическая разработка заряда велась Е.И. Забабахиным, М.Н. Нечаевым, конструкторская – в отделе В.Ф. Гречишникова, газодинамическая под общим руководством В.К. Боболева.

Испытание заряда состоялось 19 октября 1954 года на Семипалатинском полигоне и оказалось неудачным: атомного взрыва не произошло. Это был первый отказ в истории разработок ядерных зарядов в СССР. Для проведения этого первого испытания атомного заряда для торпеды была воздвигнута башня высотой 15 м.

При взрыве в месте установки испытуемого заряда было отмечено появление небольшого облака, которое быстро рассеялось ветром. Признаков, характерных для взрывов атомных бомб, при подрыве не наблюдалось. Последующие измерения α -активности на почве показали, что произошло диспергирование ядерной начинки и радиоактивное загрязнение местности.

По распоряжению Министра МСМ В.А. Малышева для расследования причин отказа заряда была создана специальная комиссия под председательством И.В. Курчатова. В результате работы комиссии был сделан вывод о том, что в «настоящее время причину отказа атомного взрыва с достаточной степенью достоверности установить не представляется возможным».

Был выдвинут ряд версий причин отказа. Эти версии легли в основу проведения соответствующих экспериментов в лабораторных условиях. Исследования были проведены, но не дали однозначного ответа о причине отказа. Результаты этих исследований, которые могли способствовать повышению общей надежности, были использованы при разработке последующих вариантов зарядов.

К полигонным испытаниям 1955 года были подготовлены несколько вариантов заряда для торпеды, отличающиеся конструкцией, количеством делящихся материалов, способами нейтронного инициирования. В новых вариантах была также реализована возможность раздельного хранения центральной части и обжимающего заряда нового ВВ.

В течение июля-августа 1955 года на Семипалатинском полигоне были успешно осуществлены три атомных взрыва, позволившие выбрать наиболее эффективную конструкцию заряда для торпеды Т-5. В двух из них было осуществлено сравнение эффективности систем внутреннего и внешнего нейтронного инициирования.

Экспериментально было подтверждено преимущество внешнего импульсного нейтронного источника, выдающего нейтронный импульс в оптимальный момент. С этого времени существенно активизируется развитие, совершенствование и использование внешнего импульсного нейтронного источника, как эффективного средства инициирования цепной реакции атомных зарядов.

Этот заряд был также испытан в составе торпеды Т-5 в подводном (на глубине 12 м) атомном взрыве на Северном полигоне 21 сентября 1955 года. Энерговыделение взрыва составило 3,5 кт.

Испытание торпеды Т-5 явилось первым атомным взрывом на Северном полигоне. Испытание было обусловлено необходимостью исследований воздействия атомного подводного взрыва на

объекты Военно-морского флота и создания теории подводного применения атомного оружия. США к тому времени уже провели подводный ядерный взрыв в районе атолла Бикини и еще одно подводное испытание в акватории Тихого океана.

В ходе испытаний 1955 года продолжалась проверка работы зарядов с новыми системами нейтронного инициирования и различными типами левитирующей системы размещения делящихся материалов. По сравнению с исходными зарядами РДС 1951 года к 1955 году удалось добиться уменьшения диаметра ядерных зарядов в три раза, а их массы – более чем в семь раз. В целом это были выдающиеся научно-технические результаты, которые позволили существенно расширить возможности использования ядерных боеприпасов в различных средствах доставки.

2.3. Развитие систем нейтронного инициирования

Развитие систем нейтронного инициирования в СССР и США имело много общего. Исторически первые шаги в этом плане были сделаны в США.

2.3.1. Системы нейтронного инициирования в США

Первым типом системы нейтронного инициирования в ядерных зарядах США был нейтронный источник Urchin (по используемой в СССР терминологии – нейтронный запал (НЗ)). Этот источник представлял собой гетерогенную систему сложной структуры, содержащую изотоп полония Po-210 и бериллий. При прохождении по этой структуре ударной волны происходило перемешивание полония и бериллия, и в процессе (α, n) реакции нарабатывались нейтроны, необходимые для инициирования цепной реакции. Важным моментом было обеспечение близости синхронизации момента работы нейтронного источника и момента оптимальных условий для развития цепной реакции и взрыва. Такая синхронизация достигалась за счет специального выбора конфигурации ядерного заряда. Нейтронные источники типа Urchin использовались в первых ядерных испытаниях США в период с 1945 по 1951 год и в серийных авиабомбах Mk-3 и Mk-4. Каждый нейтронный инициатор содержал около 50 Ки Po-210.

К недостаткам этого типа нейтронных источников относились необходимость их достаточно частой замены вследствие распада Po-210 (период полураспада – 138,5 суток) и наличие риска возникновения нейтронных импульсов в аварийных взрывах ядерных зарядов. Определенные трудности вызывало и наличие тепловыделения в нейтронном источнике.

Поэтому уже в начале 1945 года в Лос-Аламосской лаборатории была поставлена задача совершенствования нейтронных источников. Первые предложения были связаны с тем, чтобы конструкция системы источника обеспечивала нейтронный импульс не на входящей, а на выходящей из источника ударной волне, определяемой имплозией. Эти предложения были направлены на повышение эффективности системы. Их авторами в 1946 году были Клаус Фукс и Рубби Шерр.

Необходимость создания большого ядерного арсенала и требования достаточно частой замены нейтронных источников обуславливали создание масштабного производства Po-210 и нейтронных источников на его основе. Такое создание представлялось достаточно проблематичным, и в конце 1946 года Эдвард Теллер выступил с предложением рассмотреть возможность отказа от использования специальных нейтронных источников в ядерных зарядах. Рассмотрение этого предложения привело к заключению, что в этом случае оружие будет иметь непредсказуемые вариации в уровне энерговыделения и сомнительную эффективность.

В конце 40-х годов в США рассматривалась возможность создания нейтронного источника с заменой Po-210 на более долгоживущий α -активной радионуклид. Основным «кандидатом» на эту роль считался изотоп актиния Ac-227 с периодом полураспада 21,8 лет. Хотя сам Ac-227 является в основном β -распадчиком, его короткоживущий дочерний радионуклид изотоп тория Th-227 находится с ним в радиационном равновесии и является α -распадчиком. Эта программа была частично реализована, и в 1952 году было произведено около 10 г Ac-227 (700 Ки). Этот проект, однако, вскоре был остановлен из-за сильного увеличения оценки стоимости производства необходимого количества актиния.

Другое направление работ было связано с миниатюризацией Po-Be нейтронного источника. В рамках этого направления был разработан новый нейтронный источник Том, который широко применялся в ядерных испытаниях 1951–1953 годов.

Новый подход был связан с разработкой внешних нейтронных генераторов (в терминологии СССР – импульсный нейтронный источник (ИНИ)), которые представляли собой компактные ускорители ядер трития, ударявших в мишень, содержащую дейтерий. В термоядерной Т-Д реакции при этом производились нейтроны, которые и использовались для нейтронного инициирования цепной реакции. Предложение по такой системе нейтронного инициирования было сделано в Лос-Аламосской лаборатории в декабре 1949 года. Ее применение должно было позволить увеличить энерговыделение ядерных зарядов, исключить проблему «короткого времени жизни» нейтронных источников в боезапасе и было необходимо для полного использования возможностей схем ядерных зарядов с полыми ядрами делящихся материалов. В качестве важной проблемы при этом отмечалась проблема возникновения в некоторых ядерных зарядах предетонации. В ноябре 1950 года это направление работ было одобрено и было решено развивать его безотлагательно. Исследования по практической реализации этого предложения проводились группой специалистов Лос-Аламосской лаборатории с 1951 по 1954 год.

К преимуществам, которые предоставляла новая система внешнего нейтронного инициирования, относились также увеличение безопасности ядерного оружия, создание «герметичных» центральных частей (pit) ядерных зарядов, и возможность продвижения в перспективе к созданию «дубовой бомбы» (wooden bomb) – долгоживущего и воспроизводимого ядерного боезапаса.

2.3.2. Системы нейтронного инициирования в СССР

В первых зарядах СССР использовался нейтронный запал, который являлся аналогом американского нейтронного инициатора типа Urchin. В 1953 году производились принципиальные изменения в левитирующей схеме размещения делящихся материалов, и вместо нейтронного запала в качестве систем нейтронного инициирования стал использоваться нейтронный источник (НИ). Как нейтронный запал, так и нейтронный источник были основаны на наработке нейтронов в (α, n) -реакции в Po-Be системе. Однако, если в НЗ в нормальных условиях полоний и бериллий пространственно разделены, и выход нейтронов обеспечивается только после перемешивания полония и бериллия под действием ударной волны имплозивного взрыва, то НИ обеспечивает «постоянный» нейтронный выход за счет того, что полоний и бериллий перемешаны в нем в заводских условиях.

В 1948 году Я.Б. Зельдович и В.А. Цукерман выдвинули идею о внешнем нейтронном инициировании. Возможность разработки такого источника, пригодного для использования в атомном оружии, многократно обсуждалась в течение 1948–1949 годов. Однако, в то время создать подобный источник с приемлемыми габаритно-массовыми параметрами оказалось невозможным. Через несколько лет был достигнут необходимый прогресс, и в ходе испытаний 1954 года в СССР была впервые проведена проверка работы ядерного заряда с внешним источником нейтронного инициирования – импульсным нейтронным источником. Результаты испытания подтвердили преимущества этого способа, который позволял инициировать цепную реакцию в оптимальный момент.

В 1954 году была проверена работа заряда с другим видом нейтронного инициирования – термоядерным инициатором (ТИ). В этом случае в центре заряда (подобно НЗ или НИ) размещалось небольшое количество термоядерного материала, центр которого нагревался сходящейся ударной волной и в процессе термоядерной реакции на фоне возникших температур нарабатывалось значимое количество нейтронов, достаточное для нейтронного инициирования цепной реакции. Преимуществом этого типа системы нейтронного инициирования по сравнению с НЗ и НИ было отсутствие высоко активных материалов типа полония. Это испытание также оказалось успешным, и вскоре системы нейтронного инициирования в виде ИНИ и ТИ вытеснили НЗ и НИ. Особенно важным достижением было создание ИНИ, поскольку его применение обеспечивало существенный барьер безопасности в ядерном оружии.

3. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ОБРАЗЦОВ ТЕРМОЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

3.1. Первая информация

Работы по созданию термоядерного оружия в СССР явились важнейшей составной частью беспрецедентной по масштабам и трудностям в условиях послевоенного времени борьбы за ликвидацию монополии США в обладании ядерным оружием и достижении ядерного паритета с США.

Эти работы были начаты в 1945 году, когда в СССР стало известно о проведении в США работ по сверхбомбе (проект Super). Первые сведения о работах в США по сверхбомбе поступили в СССР по разведывательным каналам во второй половине 1945 года из нескольких источников.

Одним из этих источников был сотрудник теоретического отдела Лос-Аламосской национальной лаборатории США член британской миссии в Лос-Аламосе Клаус Фукс. Через гражданина США Гарри Голда, сотрудничавшего с советской разведкой, он передал СССР материалы, которые включали конкретные сведения, касающиеся разработки дейтериевой сверхбомбы, какой она мыслилась в середине 1945 года. После возвращения в Англию Клаус Фукс возобновил связь с советской разведкой. С осени 1947 года по май 1949 года он шесть раз передавал сотруднику советской разведки А.С. Феклисову подробную письменную информацию, которая, в частности, включала: «...принципиальную схему водородной бомбы и теоретические выкладки по ее созданию, которые были разработаны учеными США и Англии к 1948 году».

Поступившая в 1945 году информация о работах в США по сверхбомбе не могла не волновать политических и научных руководителей советского атомного проекта. Вопрос о сверхбомбе был включен И.В. Курчатовым в перечень вопросов, с которыми сотрудник Бюро-2 Специального комитета при Совете народных комиссаров СССР, занимавшегося обработкой разведывательных материалов по атомной проблеме, Я.П. Терлецкий, обратился к Нильсу Бору, вернувшемуся из США в Данию, во время его встреч с Бором 14 и 16 ноября 1945 года в Копенгагене.

Параллельно с организацией встречи с Бором, когда сотрудники Бюро-2 еще только проводили обработку указанных выше разведывательных материалов, содержащих наряду с информацией о работах в США по сверхбомбе, новую информацию по атомным бомбам, И.В. Курчатов, по видимому, обратился к группе видных ученых-физиков СССР, среди которых были специалисты по теории детонации, И.И. Гуревичу, Я.Б. Зельдовичу, И.Я. Померанчуку и Ю.Б. Харитону, сообщив им постановку задачи и некоторые исходные данные, с предложением в остальном независимо рассмотреть вопрос о возможности осуществления с помощью взрыва атомной бомбы ядерной детонации в цилиндре из дейтерия (этому направлению создания сверхбомбы и был посвящен материал Фукса).

Необходимо вкратце остановиться на информации по проекту Super, поступившей в СССР из США. Идеи создания этой водородной бомбы основывались на предположениях:

- в цилиндре с жидким дейтерием возможен режим устойчивой термоядерной детонации в отсутствии термодинамического равновесия излучения с веществом;
- инициирование термоядерной детонации может быть осуществлено нейтронами, производимыми ядерным взрывом первичного атомного заряда (с использованием в цилиндре промежуточного отсека с жидкой смесью дейтерия и трития).

Работы по этому проекту были начаты в США в 1942 году и продолжались по существу до 1950 года, когда стала очевидной невозможность реализации этой схемы водородной бомбы. Одним из инициаторов и руководителей этой работы был Эдвард Теллер.

В конце 1945 года в СССР поступили данные по принципиальной схеме проекта Super и серия лекций Энрико Ферми о физических процессах, которые протекают в такой термоядерной системе. В этих же материалах отмечалась возможность производства трития, необходимого для переходного участка в дейтериевом цилиндре, в ядерных реакторах при захвате нейтронов на литии-6. Материалы по этим вопросам были обработаны Я.П. Терлецким.

В 1946 году идеи Super были развиты в США Клаусом Фуксом и Джоном фон Нейманом. Их система была запатентована в мае 1946 года.

В этом предложении содержится три характерных идеи, входящие в состав принципа радиационной имплозии:

- первичный заряд, ядерный взрыв которого создает рентгеновское излучение;
- специальный корпус, обеспечивающий диффузионный перенос энергии излучения в требуемом направлении;
- достаточно плотный и прозрачный для излучения, хорошо ионизируемый излучением материал, создающий высокое материальное давление.

Эта схема рассматривалась в СССР в 1948 году. Материалы включали достаточно подробное описание инициирующего отсека сверхбомбы, состоявшего из первичного атомного заряда и «ампулы» с жидкой Т-Д смесью, а также описание ряда физических процессов, происходящих при зажигании этой смеси. В целом это была исключительно важная информация, содержащая выдающиеся идеи.

3.2. Первые исследования по водородной бомбе

И.И. Гуревич, Я.Б. Зельдович, И.Я. Померанчук и Ю.Б. Харитон подготовили доклад «Использование ядерной энергии легких элементов», который был заслушан на двенадцатом заседании Технического совета Специального Комитета при Совете Народных комиссаров СССР 17 декабря 1945 года. В 1991 году доклад И.И. Гуревича, Я.Б. Зельдовича, И.Я. Померанчука и Ю.Б. Харитона «Использование ядерной энергии легких элементов» был полностью опубликован. В докладе, сделанном Я.Б. Зельдовичем, рассматривалась возможность возбуждения термоядерной детонации в цилиндре с дейтерием в условиях неравновесного режима горения.

Представляет интерес решение Технического совета по докладу – первое официальное решение, касающееся работ в СССР по водородной бомбе:

«1. Считать необходимым провести систематические измерения эффективности сечений в ядрах легких элементов, используя для этого высоковольтный электростатический генератор Харьковского физико-технического института.

2. Поручить профессору Я.Б. Зельдовичу в трехдневный срок подготовить задание по изучению реакций в ядрах легких элементов и представить их на рассмотрение Технического совета».

Обращает на себя внимание тот факт, что решение Технического совета касается только базы исходных экспериментальных данных и не содержит поручений, относящихся к организации и проведению расчетно-теоретических работ по исследованию возможности создания сверхбомбы.

С июня 1946 года теоретические исследования возможности использования ядерной энергии легких элементов начали проводиться в Москве в Институте химической физики группой в составе С.П. Дьякова и А.С. Компанейца под руководством Я.Б. Зельдовича. Первые итоги работы этой группы были обсуждены на заседании Научно-технического совета Первого главного управления, состоявшемся 3 ноября 1947 года.

К заседанию НТС ПГУ был представлен отчет С.П. Дьякова, Я.Б. Зельдовича и А.С. Компанейца «К вопросу об использовании внутриатомной энергии легких элементов», а доклад на его основе был сделан Я.Б. Зельдовичем.

Основы подхода в отчете С.П. Дьякова, Я.Б. Зельдовича и А.С. Компанейца те же, что и в докладе И.И. Гуревича, Я.Б. Зельдовича, И.Я. Померанчука и Ю.Б. Харитона 1945 года – выяснение условий, при которых может оказаться возможной ядерная детонация в среде из легких ядер, распространяющаяся в результате прохождения ударной волны в условиях отсутствия теплового равновесия между веществом и излучением. Рассматривалась возможность осуществления подобной детонации как в среде из дейтерия, так и в среде из дейтерида лития-7.

Сделать какие-либо определенные выводы о практической возможности использования ядерной энергии легких элементов без дополнительных теоретических расчетов и экспериментальных исследований не представлялось возможным. В случае положительного ответа на вопрос о возможности детонации необходимо развить теорию инициирования детонации.

В решении НТС ПГУ от 3 ноября 1947 года отмечена важность проводимой в Институте химической физики АН СССР работы по исследованию возможности использования энергии легких

элементов для развития ядерной физики и, в случае положительного решения этой задачи, для практических целей. Указана необходимость продолжения этих работ и, в первую очередь, изучение условий для осуществления реакций в легких элементах с использованием явления детонации при инициировании атомным взрывом.

23 апреля 1948 года Л.П. Берия поручил Б.Л. Ванникову, И.В. Курчатову и Ю.Б. Харитону тщательно проанализировать материалы по системе Фукса-фон Неймана, переданные Клаусом Фуксом, и дать предложения по организации необходимых исследований и работ в связи с получением новых материалов. Заключение по новым материалам Фукса были представлены Ю.Б. Харитонов, Б.Л. Ванниковым и И.В. Курчатовым 5 мая 1948 года.

Эти материалы дали новый импульс развитию исследований в СССР по проблеме водородной бомбы, которая получила индекс РДС-6.

Применительно к проблеме возможности создания РДС-6, Постановлением от 10 июня 1948 года, в частности, предусматривались:

- определение предельного диаметра, необходимого для обеспечения горения чистого дейтерия или смеси дейтерия и трития;
- анализ влияния различных количеств трития в смеси с дейтерием на скорость реакции;
- исследование зажигания дейтерия от смеси дейтерия и трития;
- исследование влияния энерговыделения первичного ядерного заряда на процесс зажигания;
- исследование влияния физических свойств оболочки РДС-2 на процесс зажигания;
- исследование особенностей действия излучения, нейтронов и заряженных частиц в процессе зажигания.

Эти работы КБ-11 должно было проводить с участием Физического института АН СССР. Для проведения этих работ в Физическом институте было предписано создать специальную теоретическую группу под руководством И.Е. Тамма и С.З. Беленького. В состав группы вошли также А.Д. Сахаров, В.Л. Гинзбург и Ю.А. Романов. Для координации теоретических и расчетных работ и контроля за выполнением заданий было предписано создать при Лаборатории № 2 специальный закрытый семинар под руководством С.Л. Соболева (Л.Д. Ландау, И.Г. Петровский, С.Л. Соболев, В.А. Фок, Я.Б. Зельдович, И.Е. Тамм, А.Н. Тихонов, Ю.Б. Харитон, К.И. Щёлкин).

Первоначально сотрудники группы И.Е. Тамма в соответствии с предусмотренным планом работ по водородной бомбе знакомились в Институте химической физики с расчетами группы Я.Б. Зельдовича и проверяли эти расчеты.

Через несколько месяцев после начала работ группы И.Е. Тамма по специальной тематике А.Д. Сахаров начал рассмотрение возможности решения проблемы создания водородной бомбы на пути возбуждения атомным взрывом ядерной детонации в гетерогенной системе с чередующимися слоями термоядерного горючего и урана-238. Основой такого подхода была идея о том, что при температурах в десятки миллионов градусов, реализующихся при ядерном взрыве, слои термоядерного горючего, размещенные между слоями урана, в результате выравнивания давлений в термоядерном горючем и уране в процессе ионизации вещества приобретают высокую плотность, в результате чего заметно увеличивается скорость термоядерных реакций.

С этого времени работы над водородной бомбой в СССР фактически проходили уже по двум различным направлениям: группа, руководимая Я.Б. Зельдовичем, по-прежнему рассматривала возможность осуществления ядерной детонации в дейтерии, группа И.Е. Тамма начала изучение систем со слоями из урана и термоядерного горючего. Водородная бомба типа Super получила индекс РДС-6т, а водородная бомба слоеной конфигурации – индекс РДС-6с.

Идейные подходы группы Я.Б. Зельдовича к решению проблемы в 1948 году были прежними. После июня 1948 года эти исследования возможности осуществления ядерной детонации в цилиндре из жидкого дейтерия были развернуты и в КБ-11.

Работы по цилиндрической системе с дейтерием продолжались в КБ-11 до 1954 года включительно – до тех пор, пока не была окончательно понята и официально признана их бесперспективность.

3.3. Разработка термоядерного заряда РДС-6с

А.Д. Сахаров на первом этапе работы над слоистыми системами также рассматривал цилиндрическую систему, в качестве термоядерного горючего в которой предусматривалось использование тяжелой воды.

Однако уже в ноябре 1948 года сотрудник группы И.Е. Тамма В.Л. Гинзбург выпустил отчет, в котором предложил использовать в слоистой системе новое термоядерное горючее – дейтерид лития-6, который при захвате нейтронов образует эффективное термоядерное горючее – тритий.

Идея «слойки» и идея применения дейтерида лития-6 – «первая» и «вторая» идеи по терминологии «Воспоминаний» А.Д. Сахарова, и стали теми ключевыми идеями, которые в дальнейшем были положены в основу разработки первой советской водородной бомбы РДС-6с. Однако, несмотря на ясность исходных физических идей «слойки», сформулированных в 1948 году, путь создания на их основе реалистичной конструкции не был простым.

В июне 1949 года в КБ-11 состоялась серия совещаний, на которых было рассмотрено состояние работ над атомными бомбами РДС-1, РДС-2, РДС-3, РДС-4, РДС-5 и состояние работ над водородной бомбой РДС-6.

На совещании был представлен написанный А.Д. Сахаровым план теоретических и экспериментальных исследований на 1949–1950 годы, связанных с разработкой РДС-6с. Теоретическая часть плана имела два больших раздела: 1) изучение механизма распространения стационарной детонационной волны в слоистых системах; 2) теоретические исследования возможности высокотемпературной детонации дейтерия. Отметим, что среди многих подразделов пункт 1) плана содержал подраздел: «исследование вопроса о возможности повышения реактивности систем типа РДС-6 посредством обжигания обычным взрывчатым веществом». Это было существенное продвижение, в то время как первоначальная идея «слойки» предполагала возможность осуществления ядерной детонации в необжимаемой системе из слоев урана и термоядерного горючего нормальной плотности. Идея «слойки» объединилась с идеей имплозии.

Постановлением Совета Министров СССР от 28 февраля 1950 года работы над водородной бомбой были сосредоточены в КБ-11. В соответствии с этим постановлением группа И.Е. Тамма была направлена в 1950 году на постоянную работу в Арзамас-16.

Прототип РДС-6с был предложен в 1946 году в США Эдвардом Теллером.

В сентябре 1946 года он предложил простую альтернативу проекту Super, которую он назвал Alarm Clock, поскольку он надеялся, что эта альтернатива пробудит интерес специалистов к перспективам термоядерного оружия. Хотя Alarm Clock был термоядерным устройством, в нем только небольшая часть энерговыделения получалась в термоядерных реакциях. Подобно проекту Booster, термоядерные реакции в Alarm Clock в основном усиливали процесс деления.

Устройство Alarm Clock использовало темпер, состоящий из последовательных слоев делящихся материалов и термоядерного топлива. Alarm Clock рассматривался как схема, которая может дать большое энерговыделение при использовании относительно дешевых материалов. Это был новый подход, который предполагал, что термоядерная бомба может быть создана в пределах существовавших возможностей лаборатории в Лос-Аламосе, хотя путь практической реализации этой идеи не был вполне известен.

Это устройство могло потребовать инициирующего взрыва, в 2–3 раза более мощного, чем давало устройство Fat Man (то есть 40–60 кт). Теоретические работы по Alarm Clock продолжались от момента появления идеи до конца 1947 года; в течение этого времени его схема неоднократно изменялась.

Первый полный отчет по Alarm Clock был выпущен в ноябре 1946 года Эдвардом Теллером и Робертом Рихтмайером. Он содержал обоснование возможности принципа Alarm Clock, а также оценки эффективности и особенностей работы. Специальное исследование рассматривало процессы, которые происходят при детонации ядерного устройства. Перед тем как могла быть создана термоядерная бомба, необходимо было продвинуться в развитии ядерных триггеров и лучше понять процесс ядерного взрыва.

В декабре 1946 года был предложен эксперимент для проверки особенностей такого процесса термоядерного горения в условиях Alarm Clock в сочетании с испытанием ядерной бомбы умеренной мощности.

В апреле 1947 года лаборатория в Лос-Аламосе предложила целую серию экспериментов для исследования термоядерных принципов. При этом отмечалось, что необходимо привлечь внимание к возможности испытания некоторых принципов, которые могут быть важными для термоядерных систем, таких как Alarm Clock. Отмечалось, что возможности для чисто теоретического исследования этих принципов неадекватны и дают расплывчатую картину из-за большой сложности явлений, и поэтому реальная проверка принципов в условиях, соответствующих взрыву бомбы, в высшей степени желательна. При испытании высокая температура, создаваемая ядерным взрывом, вызывает термоядерные реакции. В такой системе энергия, производимая термоядерными реакциями, может быть невелика, но 14-МэВ-ные нейтроны, производимые в ТД-реакции, легко детектируются, и наработка трития в устройстве может быть определена, если в системе первоначально использовался только дейтерий.

Успех такого эксперимента зависел, прежде всего, от достижения в дейтерии высоких температур, в контексте чего важное значение имеют потоки излучения. Рассматривалась серия из трех экспериментов: «А», «В» и «С». Испытание «В» использовало в термоядерном топливе только дейтерий; испытание «С» использовало как дейтерий, так и тритий. В обоих испытаниях термоядерное топливо должно было хорошо обжиматься. Испытание «С» было существенно менее чувствительно, чем испытание «В», и сравнение выходов 14-МэВ-ных нейтронов в них дало бы информацию о достигнутых температурах. Испытание «А» (возможно, без термоядерных процессов) было необходимо для контроля. Расчеты были проведены для ядра из δ -фазы плутония, что не только упростило задачу по сравнению с композитным ядром, но и позволило увеличить временную постоянную α (скорость размножения).

Следует отметить, что, так как Alarm Clock рассматривался в качестве термоядерного оружия, то в нем требовалось получение большого энерговыделения – мегатонного класса, что создавало значительные трудности с обеспечением необходимой имплозии и уровнем энерговыделения иницирующего ядерного заряда. В сентябре 1947 года Теллер предложил использовать в качестве термоядерного горючего Alarm Clock дейтерид лития-6, что должно было повысить эффективность термоядерного горения. Использование дейтерида лития сильно упрощало проблему, связанную с производством трития, которое ограничивало в то время возможность развития термоядерного оружия. Однако оно требовало использования обогащенного по изотопу Li-6 материала и не решало проблем зажигания. Теллер отмечал существенную зависимость будущих успехов в создании термоядерного оружия от развития компьютеров и достижения лучшего понимания распространения ударных волн в массе термоядерного горючего.

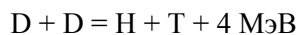
С сентября 1947 года работы по Alarm Clock стали существенно сокращаться, хотя проводились и в дальнейшем. Компьютерные расчеты первоначальной конфигурации Alarm Clock были завершены в 1953–1954 годах и показали, что устройство в этом виде было неработоспособно. Наиболее успешные расчеты того времени указывали на то, что для получения энерговыделения в 10 Мт количество ВВ в устройстве должно было составлять от 40 до 100 тонн.

Хотя в идейном плане Alarm Clock и РДС-6с весьма близки, между ними есть и существенное различие. Это различие связано с уровнем энерговыделения. Тот факт, что Alarm Clock рассматривался как заряд мегатонного класса (конкурент Super), определил его большие размеры, что в свою очередь создавало как трудности в конструировании, так и проблемы в отношении возможностей его практического применения. В итоге этот проект оказался нежизнеспособным и не был реализован. РДС-6с создавался применительно к условиям размещения в реальной авиабомбе (аналог РДС-1), и при его создании, прежде всего, требовалось достижение существенного выигрыша в энерговыделении по сравнению с чисто ядерными зарядами (которое в то время не превышало 40 кт). Это был более прагматичный подход, который позволил создать РДС-6с и при этом существенно превзойти показатели ядерных зарядов. Когда же стали решать задачу увеличения энерговыделения в заряде типа РДС-6с до мегатонного уровня, возникли трудности, и практически эта задача решена не была.

Разработанный в 1950–1953 годах в КБ-11 термоядерный заряд РДС-6с, явившийся первым термоядерным зарядом СССР, представлял собой сферическую систему из слоев урана и термоядерного горючего, окруженных химическим взрывчатым веществом. Для увеличения энерговыделения заряда в его конструкции был использован тритий. Пользуясь известной терминологией можно сказать, что термоядерный заряд РДС-6с был выполнен по одностадийной схеме.

Особенности конструкции и физика работы РДС-6с подробно рассмотрены в ряде публикаций.

Основная задача была в том, чтобы с помощью энергии, выделенной при взрыве атомной бомбы, нагреть и поджечь тяжелый водород – дейтерий, то есть осуществить термоядерные реакции



и другие с выделением энергии и, таким образом, способные сами себя поддерживать. Для увеличения доли «сгоревшего» дейтерия А.Д. Сахаров предложил окружить дейтерий оболочкой из обычного природного урана, который должен был замедлить разлет и, главное, существенно повысить плотность дейтерия.

Рост скорости ДД-реакции приводит к заметному образованию трития, который тут же вступает с дейтерием в термоядерную реакцию



с сечением, в 100 раз превышающим сечение ДД-реакции, и в пять раз большим энерговыделением. Более того, ядра урановой оболочки делятся под действием быстрых нейтронов, появляющихся в ДТ-реакции, и существенно увеличивают мощность взрыва. Именно это обстоятельство заставило выбрать уран в качестве оболочки, а не любое другое тяжелое вещество.

Мощность термоядерного процесса в дейтерии можно было бы значительно повысить, если с самого начала часть дейтерия заменить тритием.

Действительно, термоядерный заряд в виде дейтерида-третида и дейтерида лития-6 привел к радикальному увеличению мощности термоядерного процесса и выделению энергии из урановой оболочки за счет деления, в несколько раз превосходящему термоядерное энерговыделение.

Таковы физические идеи, заложенные в первый вариант нашего термоядерного оружия».

Как отметил в своих «Воспоминаниях» А.Д. Сахаров «подготовка к испытанию первого термоядерного заряда была значительной частью всей работы объекта в 1950–1953 годах, так же как и других организаций и предприятий нашего управления и многих привлеченных организаций. Эта была работа, включавшая, в частности, экспериментальные и теоретические исследования газодинамических процессов взрыва, ядерно-физические исследования, конструкторские работы в прямом смысле этого слова, разработку автоматики и электрических схем изделия, разработку уникальной аппаратуры и новых методик для регистрации физических процессов и определения мощности взрыва.

Громадных усилий с участием большого количества людей и больших материальных затрат требовали производство входящих в изделие веществ, другие производственные и технологические работы.

Особую роль во всей подготовке к испытаниям первого термоядерного играли теоретические группы. Их задачей был выбор основных направлений разработки изделий, оценки и общетеоретические работы, относящиеся к процессу взрыва, выбор вариантов изделий и курирование конкретных расчетов процессов взрыва в различных вариантах. Эти расчеты проводились численными методами, в те годы – в специальных математических группах, созданных при некоторых научно-исследовательских институтах.

Теоретические группы также играли важную роль в определении задач, анализе результатов, обсуждении и координации почти всех перечисленных направлений работ других подразделений объекта и привлеченных организаций».

Общее руководство работами над РДС-6с осуществлялось И.В. Курчатовым. Главным конструктором и непосредственным руководителем работ был Ю.Б. Харитон.

В разработке РДС-6с исключительно важное значение имело математическое моделирование. Основные математические расчеты по РДС-6с проводились в Москве в коллективах, которыми руководили А.Н. Тихонов, К.А. Семендяев и Л.Д. Ландау.

С апреля 1953 года эти работы были сосредоточены в специально созданном московском институте – Отделении прикладной математики, который возглавлял М.В. Келдыш.

В КБ-11 расчеты проводились коллективами математиков под руководством Н.Н. Боголюбова и В.С. Владимирова.

Большую роль в разработке РДС-6с сыграли эксперименты по изучению нейтронных процессов в критических сборках и сборках с источником 14 МэВ нейтронов, которые имитировали конструкцию «слойки».

Руководителем полигонного испытания РДС-6с был К.И. Щёлкин, научным руководителем испытания – И.В. Курчатов.

Важным обстоятельством было то, что изделие РДС-6с было выполнено в виде транспортабельной бомбы, совместимой со средствами доставки, то есть явилось первым образцом термоядерного оружия.

Испытание РДС-6с состоялось 12 августа 1953 года на Семипалатинском полигоне. Оно было четвертым испытанием в серии ядерных испытаний, начатых СССР 29 августа 1949 года. Испытание РДС-6с явилось непреходящим по своему значению событием в истории создания ядерной военной техники СССР. Величина энерговыделения РДС-6с была эквивалентна энергии взрыва 400 000 тонн тротила.

Работами по РДС-6с был создан научно-технический задел, который был затем использован в разработке несравнимо более совершенной водородной бомбы принципиально нового типа – водородной бомбы двухстадийной конструкции.

Работы по РДС-6с имели продолжение. 6 ноября 1955 года в СССР был успешно испытан заряд РДС-27, который представлял собой модернизацию РДС-6с на основе использования исключительно дейтерида лития (без использования трития). При этом параметры гетерогенного ядра были несколько модернизированы. Энерговыделение заряда составило 250 кт, что было в 1,6 раза меньше энерговыделения РДС-6с, но существенно превосходило энерговыделение традиционных ядерных зарядов. По своим конструкционным качествам это было реальное оружие, а его испытание производилось в составе авиабомбы, сброшенной с самолета.

Однако последовавший вскоре успех испытания двухстадийного заряда на принципе радиационной имплозии РДС-37 (22 ноября 1955 года) затмил результаты испытания серийноспособной модернизации РДС-6с. В этом плане испытание РДС-27 следует рассматривать, скорее, как страховку на случай возможной неудачи с принципом радиационной имплозии. Успех в реализации принципа радиационной имплозии привел к окончанию работ в СССР по слоеному бустированию одностадийных зарядов.

3.4. Разработка термоядерной бомбы РДС-37

История работ над новым физическим принципом конструирования термоядерного оружия в СССР и созданием первой термоядерной бомбы на этом принципе, которая получила обозначение РДС-37, полна драматизма.

Новый принцип пробил дорогу в жизнь в процессе интенсивных работ по другим направлениям исследований и конструирования термоядерного оружия, которым отдавался приоритет. Этими направлениями были, как ясно из предыдущего изложения, исследования необжимаемой цилиндрической системы с жидким дейтерием, в которой ожидалось возникновение ядерной детонации дейтерия под действием ядерного взрыва, и разработка сферического слоистого термоядерного заряда РДС-6с, обжимаемого взрывом химического взрывчатого вещества.

В начале 50-х годов, наряду с идеей термоядерного усиления энерговыделения ядерных зарядов, обсуждалась другая идея – идея возможности осуществления более эффективного сжатия ядерного материала по сравнению со сжатием, обеспечиваемым взрывом химических ВВ. Первоначально эта идея была сформулирована в общем виде как идея использования ядерного взрыва одного (или нескольких) ядерного заряда для обжата ядерного горючего, находящегося в отдельном

модуле, пространственно разделенном от первичного источника (источников) ядерного взрыва. Авторами этой общей идеи, которая может быть названа как идея «ядерной имплозии», являются В.А. Давиденко и А.П. Завенягин. При всей ее общности эта идея содержит принципиальное представление о двухстадийном ядерном заряде. С самого начала в отношении возможности реализации этой идеи возник ряд вопросов, которые можно объединить в две группы.

Первая группа вопросов относилась к самому понятию «ядерной имплозии». Хорошо изученная к тому времени схема работы ядерного заряда предполагала обжатие ядерного (или ядерного и термоядерного, как в РДС-бс) материала сферическим взрывом химических ВВ, в котором процесс сферической симметрии имплозии определялся исходной сферически-симметричной детонацией взрывчатки. Было очевидно, что в гетерогенной структуре из первичного источника (источников) и обжимаемого вторичного модуля аналогичные первоначальные возможности для реализации сферически-симметричной «ядерной имплозии» отсутствуют. Этот вопрос был тесно связан с другим вопросом: что является носителем энергии взрыва первичного источника и как осуществляется этот перенос энергии ко вторичному модулю?

Вторая группа вопросов была связана и с тем, что должен представлять собой вторичный модуль, на который воздействует ядерная имплозия.

Первоначально предполагалось, что перенос энергии ядерного взрыва первичного источника в двухстадийном заряде должен осуществляться потоком продуктов взрыва и создаваемой ими ударной волной, распространяющейся в гетерогенной структуре заряда. В 1954 году этот подход был проанализирован Я.Б. Зельдовичем и А.Д. Сахаровым. При этом за основу физической схемы вторичного модуля было решено взять аналог внутренней части заряда РДС-бс, то есть «слоеную» систему сферической конфигурации. Таким образом, было сформулировано конкретное представление о двухстадийном заряде на принципе гидродинамической имплозии. Следует отметить, что это была исключительно сложная система с точки зрения реальных вычислительных возможностей того времени. Основная проблема состояла в том, каким образом в подобном заряде можно было бы обеспечить близкое к сферически-симметричному режиму сжатие вторичного модуля, поскольку скорости распространения ударных волн вокруг модуля и внутри него отличались не слишком сильно.

Для формирования направленности переноса энергии, по предложению А.Д. Сахарова, первичные и вторичные модули были заключены в единую оболочку, обладавшую хорошим качеством для отражения рентгеновского излучения, а внутри заряда были обеспечены меры, облегчавшие перенос рентгеновского излучения в нужном направлении.

Ю.А. Трутневым в ходе этой работы был предложен способ концентрации энергии рентгеновского излучения в материальном давлении, позволивший эффективно осуществлять радиационную имплозию.

В ходе этой разработки им также был предложен способ, определивший предсказуемость конфигурации каналов для переноса рентгеновского излучения, который нашел в дальнейшем широкое применение в двухстадийных термоядерных зарядах. Важным направлением исследований Ю.А. Трутнева на этой стадии работ было изучение различных режимов и условий термоядерного горения вторичного модуля и определение его энерговыделения.

Важным научно-техническим достижением было создание первичного атомного заряда для первого двухстадийного термоядерного заряда РДС-37. При его разработке помимо обеспечения необходимого уровня энерговыделения было важно создать оптимальные условия для выхода теплового рентгеновского излучения в объем, занимаемый термоядерным модулем. Другая важная задача была связана существенным уменьшением вероятности преддетонации, то есть возникновения нейтронного инициирования цепной реакции раньше необходимого времени. Этими работами руководил Я.Б. Зельдович.

Существенную роль в развитии принципа радиационной имплозии сыграл Д.А. Франк-Каменецкий, который в конце 1954 года совместно с А.Д. Сахаровым выпустил отчет, в котором анализировались многие научные аспекты нового принципа и возможности его применения для создания различных типов термоядерных зарядов.

Эта схема двухстадийного заряда содержала в себе все характерные признаки использования принципа радиационной имплозии для обжатия вторичного модуля. При этом радикально решалась

проблема обеспечения сферически-симметричного сжатия вторичного модуля, поскольку время «симметризации» энергии вокруг вторичного модуля было намного меньше времени сжатия этого модуля.

Следует отметить, что, хотя этот вариант ядерной имплозии был существенно проще и поэтому эффективнее гидродинамического варианта, он потребовал решения новых физико-математических вопросов. Одна из основных проблем состояла в выработке методов расчета переноса рентгеновского излучения в конфигурации двухстадийного заряда. При разработке первого термоядерного заряда эти задачи решал Ю.Н. Бабаев.

Необходимость создания отечественной термоядерной бомбы большой мощности, значительно превышающей мощность бомбы 1953 года, была ясна уже из сообщений об огромной мощности термоядерного устройства США, взорванного в 1952 году (испытание Mike).

На заседании научно-технического совета КБ-11, состоявшегося 24 декабря 1954 года под председательством И.В. Курчатова с участием В.А. Малышева и посвященного обсуждению хода работ по созданию термоядерных зарядов большой мощности, с докладом о термоядерном заряде на новом принципе выступил Я.Б. Зельдович. И.Е. Тамм в своем выступлении после доклада отметил, что в основе обсуждаемого крупного шага в развитии ядерного оружия лежит ясная физическая идея – обжатие излучением. И.В. Курчатов и Ю.Б. Харитон в своих выступлениях отметили, что двухступенчатая схема открывает большие возможности в разработке термоядерных зарядов, которые необходимо быстрее использовать. Ю.Б. Харитон предложил провести в 1955 году модельный опыт с термоядерной бомбой новой физической схемы. По проблеме разработки двухступенчатой водородной бомбы совет принял согласованное с В.А. Малышевым решение:

- руководству КБ-11 представить план работ по двухступенчатой схеме с пояснительной запиской в Министерство среднего машиностроения;
- разрешить до утверждения плана работ по этой проблеме разработку двухступенчатой термоядерной бомбы для проверки принципа, подготовку и проведение ее испытания на Семипалатинском полигоне в 1955 году.

Техническое задание на конструкцию двухступенчатой водородной бомбы РДС-37 было выдано физиками-теоретиками 3 февраля 1955 года. К этому времени был завершен определяющий этап ее расчетно-теоретического обоснования.

Однако расчетно-теоретические работы и уточнение конструкции РДС-37 продолжались вплоть до окончательной сборки и отправки бомбы на полигон. План завершающего этапа этих работ был утвержден новым Министром среднего машиностроения СССР А.П. Завенягиным 2 марта 1955 года.

Важным этапом в подготовке к испытанию заряда РДС-37 была работа комиссии под председательством И.Е. Тамма. В состав комиссии входили В.Л. Гинзбург, Я.Б. Зельдович, М.В. Келдыш, М.А. Леонтович, А.Д. Сахаров, И.М. Халатников.

В докладе комиссии, подготовка которого была завершена 29 июня 1955 года, было констатируется, что новый принцип открывает совершенно новые возможности в области конструирования ядерного оружия. Он позволяет обжимать вещество до таких высоких плотностей, которые в нужных габаритах совершенно недостижимы с помощью обычных ВВ. Можно рассчитывать, что новый принцип позволит создать рациональные конструкции сверхмощных термоядерных зарядов и радикально уменьшить стоимость зарядов меньшей мощности. Детально рассмотрев состояние расчетно-теоретических работ по предложенной КБ-11 конструкции заряда РДС-37, комиссия подтвердила целесообразность его полигонного испытания.

Одним из интересных вопросов является вопрос о том, каким образом возникли идеи об основных элементах схемы термоядерного узла РДС-37 – первого двухстадийного термоядерного заряда на принципе имплозии. По своему структурному типу этот узел аналогичен гетерогенному ядру РДС-6с, откорректированному для существенно иных граничных условий, определяющих имплозию. Тем не менее, можно отметить, что РДС-6с оставил в «наследство» РДС-37 целый ряд важнейших идей:

- сферическую конфигурацию термоядерного узла;
- слоеную структуру горючего из дейтерида лития-6 и урана-238;
- урановое иницирующее ядро.

Это был абсолютно оригинальный подход, который априори ниоткуда не следовал и определялся исключительно наличием в СССР предыстории, связанной с РДС-6с. Можно сказать, что успешное испытание РДС-37 является основным результатом разработки РДС-6с. Указанные идеи, взятые из РДС-6с, оказывали длительное влияние на практически всю разработку термоядерного оружия СССР.

Интенсивная работа над новым увлекательным проектом завершилась успешным испытанием РДС-37 на Семипалатинском полигоне 22 ноября 1955 года.

Энерговыделение заряда в эксперименте составило 1,6 Мт, а так как по соображениям безопасности на Семипалатинском полигоне заряд испытывался на неполную мощность, то прогнозируемое полномасштабное энерговыделение заряда составляло 3 Мт. Коэффициент усиления энерговыделения в РДС-37 составлял около двух порядков, в заряде не использовался тритий, термоядерным горючим был дейтерид лития, а основным делящимся материалом был U-238. Созданием заряда РДС-37 был совершен прорыв в решении проблемы термоядерного оружия, а сам заряд явился прототипом всех последующих двухстадийных термоядерных зарядов СССР.

Заряд РДС-37 был сконструирован как опытный заряд для проверки нового принципа. Основным требованием, которое учитывалось при его конструировании, была высокая надежность. Имелось ввиду что, испытание заряда РДС-37, сопровождаемое измерением мощности взрыва, времени обжаривания термоядерного узла, радиохимическими и другими измерениями, даст возможность проверить правильность расчета всех новых процессов и всей концепции в целом и создать в ближайшем будущем ряд экономичных и мощных водородных бомб различных габаритов.

В разработке столь сложной системы, каким является термоядерный заряд РДС-37, была особенно велика роль математических расчетов. В ряде случаев расчеты уравнений в частных производных кардинально исправляли представления о работе того или иного узла или о роли того или иного изменения в системе. Эти расчеты проводились в основном в Отделении прикладной математики Математического института АН СССР под общим руководством М.В. Келдыша и А.Н. Тихонова. Многие расчеты проводились на электронной машине «Стрела». Были решены весьма сложные задачи разработки методов расчета, программирования и организации.

Разработка РДС-37 потребовала больших конструкторских, экспериментальных, технологических работ, проводившихся под руководством главного конструктора КБ-11 Ю.Б. Харитона.

3.5. Сравнение первых термоядерных зарядов СССР и США

Хотя провести точное сравнение первых шагов создания термоядерного оружия СССР и США невозможно из-за закрытости информации, тем не менее наличие открытых данных позволяет сделать ряд интересных выводов.

Как отмечалось выше, США опередили СССР в отработке режима термоядерного усиления ядерных зарядов на два года. Первое двухстадийное термоядерное устройство США было испытано 31 октября 1952 года в эксперименте Mike. В качестве термоядерного горючего в устройстве использовался жидкий дейтерий, а основным делящимся материалом был U-238. Энерговыделение взрыва составило 10,4 Мт. Масса испытательного устройства составляла 74 тонны. Энерговыделение за счет деления составляло в устройстве 77% от полного энерговыделения взрыва. Любопытно отметить, что, хотя применение жидкого дейтерия требовало использования специального криогенного оборудования, термоядерный заряд этого типа (ТХ-16) в 1954 году был доведен до передачи его в серийное производство и на вооружение. Была произведена пробная партия таких зарядов в 5 единиц. Энерговыделение боеприпаса (аваиабомбы) ТХ-16 должно было составить от 6 до 8 Мт, его масса – 19 тонн, длина – 7,55 м, диаметр – 1,57 м (отношение длины к диаметру составляло 4,8).

В СССР подобные технически амбициозные проекты не создавались, и, как говорилось выше, разработка заряда РДС-37 производилась с самого начала на основе дейтерида лития – твердого термоядерного горючего, – обладающего удовлетворительными конструкционными качествами.

В период 1953–1954 годов в США велись работы по созданию мощных термоядерных зарядов на основе дейтерида лития. При этом рассматривалась возможность использования как принципа радиационной имплозии, так и принципа гидродинамической имплозии. Основные усилия были связаны с применением радиационной имплозии, и разработки этого типа проводила Лос-

Аламосская лаборатория. В серии испытаний Castle при отработке зарядов Лос-Аламосской лаборатории были получены выдающиеся практические результаты. Всего было испытано 5 модификаций двухстадийных термоядерных зарядов с энерговыделением от 1,7 Мт до 15 Мт. В испытаниях использовался как дейтерид лития, обогащенный по изотопу Li-6, так и дейтерид на основе природного лития.

Отработанные в серии Castle термоядерные заряды стали основой первого термоядерного арсенала США. На основе результатов испытаний Romeo (26 марта 1954 года) с энерговыделением 11 Мт и Yankee (4 мая 1955 года) с энерговыделением 13,5 Мт были созданы и переданы на вооружение авиабомбы Mk-17 и Mk-24. Энерговыделение этих авиабомб составляло (10–15) Мт, масса – около 19 тонн, а длина и диаметр совпадали с TX-16. В 1954 и 1955 году было произведено 305 боеприпасов этих типов. В этой же серии испытаний США был отработан и «легкий» термоядерный заряд для авиабомбы Mk-15 (испытание Nectar 13 мая 1954 года с энерговыделением 1,69 Мт). Термоядерное устройство в эксперименте имело массу 2,95 тонны, длину 2,8 м и диаметр 88 см (отношение длины к диаметру составило 3,18). В 1956 году это устройство было усовершенствовано и испытано (20 мая 1956 года, Cherokee). Его энерговыделение составило 3,8 Мт. В период 1955–1957 годов было произведено 1200 боеприпасов этих типов.

Казалось бы, что из этих данных следует, что с созданием первых конструкционно-приемлемых образцов термоядерного оружия США опередили СССР примерно на полтора года. Однако этот вывод справедлив лишь отчасти. Дело в том, что габаритно-массовые параметры заряда РДС-37 и последовавших за ним первых образцов термоядерных зарядов СССР и первых термоядерных зарядов США принципиально отличаются. Характерное значение отношения длины к диаметру первых термоядерных зарядов СССР составляет менее 2, а для первых термоядерных зарядов США оно составляет 3,2–4,8. Это различие указывает на принципиальные различия в структуре вторичных модулей первых термоядерных зарядов СССР и США. Термоядерные модули зарядов США имели цилиндрическую конфигурацию, а термоядерные модули зарядов СССР – сферическую конфигурацию.

Глава 3

Развитие ядерной оружейной программы СССР

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАБОТЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ.....	102
1.1. Тоцкие войсковые учения 1954 года.....	102
1.2. Первые шаги по совершенствованию ядерного оружия.....	104
1.2.1. Общие подходы при совершенствовании ядерного оружия.....	104
1.2.2. Совершенствование тактического ядерного оружия.....	106
1.3. Первые шаги по совершенствованию термоядерного оружия.....	107
1.3.1. Проблема стратегических средств доставки ядерного оружия и ее решение.....	107
1.3.2. Работы по созданию боевого оснащения МБР Р-7.....	109
1.4. Термоядерные заряды второго поколения.....	110
1.5. Бустинг в ядерных зарядах.....	116
1.5.1. Бустинг в США.....	116
1.5.2. Бустинг в Великобритании.....	117
1.5.3. Бустинг в СССР и создание новых ядерных зарядов.....	118
1.6. Период моратория 1958–1961 годов.....	119
1.6.1. Развитие научно-технических и конструкторских работ.....	119
1.6.2. Предложения по расширению тематики работ ядерных центров.....	120
1.6.3. Гидроядерные исследования.....	121
1.7. Обеспечение ядерной взрывобезопасности ядерного оружия.....	123
1.7.1. Проблема ядерной взрывобезопасности.....	123
1.7.2. Исследования проблемы ядерной взрывобезопасности.....	124
1.7.3. Сравнение программ полигонных испытаний СССР и США по исследованию вопросов ядерной взрывобезопасности.....	126
1.7.4. Некоторые результаты работ по созданию моделей аварий.....	128
1.8. Исследования поражающих факторов ядерных взрывов.....	129
1.8.1. Общие характеристики поражающих факторов ядерных взрывов.....	129
1.8.2. Военно-технические возможности ядерных арсеналов и поражающие факторы.....	131
1.8.3. Воздействие поражающих факторов ядерного взрыва.....	131
1.8.4. Войсковые учения и ядерные испытания.....	132
1.8.5. Специализированные ядерные испытания в интересах исследования ПФЯВ до 1963 года.....	133
1.9. Уникальные ядерные испытания в 1961 и 1962 годах.....	133
1.9.1. Ядерные взрывы на больших высотах.....	133
1.9.2. Специальные физические опыты по изучению воздействия факторов ядерного взрыва.....	135
1.10. Разработка ядерных зарядов в условиях подземных полигонных испытаний.....	136
2. СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ.....	137
2.1. Способы базирования баллистических ракет.....	137
2.2. Основные этапы развития морских стратегических комплексов.....	138
2.3. Основные этапы развития наземных стратегических комплексов.....	141
2.4. Разработка зарядов третьего поколения для боевого оснащения стратегических вооружений в период со второй половины 60-х годов и до начала 80-х годов.....	143
2.5. Разделяющиеся головные части стратегических ракет.....	145
2.6. Вопросы разработки специализированных видов ядерных зарядов.....	149
2.6.1. Разработка ЯЗ и проблема уменьшения радиоактивного поражения.....	150
2.6.2. Нейтронная бомба.....	152

2.6.3. Рентгеновский лазер с ядерной накачкой.....	154
2.7. Физические установки и облучательные опыты для исследования воздействия ПФЯВ	155
2.8. Ядерные испытания и физико-математическое моделирование работы ядерных зарядов	159
2.9. Характеристики ядерных испытаний СССР и США в период проведения подземных ядерных испытаний	161
2.9.1. Ядерные испытания в 1963–1976 годах.....	161
2.9.2. Подземные ядерные испытания большой мощности	162
2.9.3. Разработка ядерных зарядов и ядерные испытания в условиях действия Договора 1974 года	163

1. РАБОТЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

1.1. Тоцкие войсковые учения 1954 года

Войсковое учение с применением атомного оружия состоялось 14 сентября 1954 года после принятия правительством СССР решения о развертывании подготовки Вооруженных Сил страны к действиям в условиях реального применения вероятным противником ядерного оружия. Первые предложения по этому вопросу на уровне ведущих министерств страны относятся к концу 1949 года. Это было обусловлено не только успешно проведенными первыми ядерными испытаниями в бывшем Советском Союзе, но и влиянием американских средств массовой информации, питавших нашу внешнюю разведку сведениями о том, что Вооруженные Силы и гражданская оборона США активно проводят подготовку к действиям в условиях применения ядерного оружия в случае возникновения вооруженного столкновения.

К 1954 году ядерный арсенал США включал в себя около 1200 ядерных зарядов, в то время как количество ядерных боеприпасов СССР было в десять раз меньшим. США провели 45 ядерных испытаний, включая две ядерных бомбардировки японских городов Хиросимы и Нагасаки. Вопросы применения атомного оружия и защиты от него были широко проверены не только на полигонах, но и на войсковых учениях армии США.

К этому времени в СССР было проведено только восемь испытаний атомного оружия. Были изучены результаты атомной бомбардировки авиацией США японских городов Хиросимы и Нагасаки в 1945 году. Характер и масштабы поражающего действия этого грозного оружия были достаточно известны. Это позволило разработать первые инструкции по вопросам ведения боевых действий в условиях применения атомного оружия и способам защиты войск от поражающего действия атомных взрывов. С точки зрения современных представлений, изложенные в них рекомендации во многом верны и сегодня.

В этих условиях было крайне необходимо в интересах совершенствования противоатомной защиты войск, проверки расчетных нормативов по поражению атомным оружием техники и вооружения провести учение с максимальным приближением к боевой обстановке. Осуществление такого замысла было продиктовано также стремлением не отстать в подготовке Вооруженных Сил СССР от армии США.

Для проведения учений были сформулированы сводные войсковые части и соединения, собранные из всех районов страны от всех видов Вооруженных сил и родов войск, предназначенных в дальнейшем передать полученный опыт тем, кто не принимал участия в этих учениях.

В общей сложности на учение привлекалось около 45000 человек личного состава, 600 танков и самоходно-артиллерийских установок, 500 орудий и минометов, 600 бронетранспортеров, 320 самолетов, 6000 тягачей и автомобилей.

Учения были назначены на осень 1954 года. Руководил ими выдающийся полководец, трижды Герой Советского Союза, маршал Г.К. Жуков. Войска, которые должны были принять участие в учении, начали собираться у станции Тоцкой на Южном Урале за несколько месяцев до его проведения. Через некоторое время в степи вырос целый палаточный город. Начались тренировочные занятия и подготовка позиций для наступления. Занятия проводились на местности, приближенной к той, где предстояло действовать во время проведения этой операции. Войска должны были вырыть блиндажи, траншеи, протянуть дороги, расставить на местности военную технику: самолеты, танки, орудия, машины. Помимо этого, постоянные тактические учения, марш-броски в противогазах. Это было очень тяжело, так как в том году лето выдалось жаркое: 30–40 градусов по Цельсию. Изнурительные тренировки продолжались с мая, весь июнь, июль, август, и к 1 сентября 1954 года все было готово для проведения операции.

Накануне испытаний район учений посетили Первый секретарь ЦК КПСС Н.С. Хрущев, Министр обороны Советского Союза Н.А. Булганин и И.В. Курчатов. На месте предполагаемого взрыва ввели запретную зону радиусом 8 километров.

За пять суток до начала учений все войска были выведены из запретной зоны. По периметру ее выставили охранение. С этого момента проход в запретную зону производился только через контрольно-пропускной пункт по специальным пропускам. Население из ближайших населенных пунктов было вывезено.

Для наступающей стороны была поставлена задача: «Прорыв стрелковым корпусом подготовленной тактической обороны противника с применением атомного оружия»; для обороняющейся стороны – «Организация и ведение обороны в условиях применения атомного оружия».

Общие цели учения были следующие:

- исследовать воздействие взрыва атомной бомбы среднего калибра по участку заранее подготовленной обороны, а также на вооружение, военную технику, животных. Установить степень защитных свойств различных инженерных сооружений, рельефа местности и растительного покрова от воздействия атомного взрыва;
- изучить и практически проверить в условиях применения атомной бомбы:
 - особенности организации наступательных и оборонительных действий частей и соединений;
 - действия наступающих войск при прорыве оборонительных полос вслед за атомными ударами;
 - действия обороняющихся войск в условиях применения атомного оружия наступающей стороной, проведение контратаки вслед за атомным ударом по наступающим войскам противника;
 - организацию противоатомной защиты войск в обороне и наступлении;
 - методы управления войсками в наступлении и обороне;
 - материально-техническое обеспечение войск в условиях ведения боя;
- изучить и показать один из возможных вариантов подготовки и ведения наступления из положения непосредственного соприкосновения с противником, без отвода своих войск с первой позиции на время атомного удара.

К утру 14 сентября «обороняющиеся» заняли районы на удалении 10–12 километров от предполагаемого эпицентра атомного взрыва, «наступающие» – за рекой, восточнее района взрыва.

В целях обеспечения безопасности войск и местного населения от поражения атомным взрывом было принято решение применять атомную бомбу лишь при строго определенных условиях:

- бомбометание должно производиться при визуальном прицеливании с высоты 9000 м с установкой на взрыв атомной бомбы на высоте 350 м; в случае, если цель окажется закрытой облаками, допускалось бомбометание с использованием оптического и радиолокационного прицелов;
- отклонение от цели допускалось не более 500 м;
- оборудованием в противоатомном отношении исходного района для наступления;
- обеспечением войск дозиметрическими приборами, средствами противохимической защиты, санитарной обработки и дезактивации;
- установлением запретной зоны и организацией ее охраны;
- выводом войск из запретной зоны за пять суток до начала учения;
- организацией оповещения о принятии мер безопасности;
- выполнением войсками разработанных на учении правил поведения при атомном взрыве и после взрыва.

В целях исключения возможности поражения войск световым излучением личному составу было запрещено смотреть в сторону взрыва до прохождения ударной или звуковой волны, а войскам, наиболее близко расположенным к эпицентру атомного взрыва, были выданы специальные темные пленки к противогазам для защиты глаз от поражения световым излучением.

Для предотвращения поражения ударной волной войска, располагавшиеся наиболее близко (на удалении от 5 до 7,5 км), должны были находиться в укрытиях, далее 7,5 км – в открытых и пе-

рекрытых траншеях, в положении сидя или лежа. Обеспечение безопасности войск от поражения проникающей радиацией возлагались на химические войска. Нормы допустимой зараженности личного состава и боевой техники были уменьшены в четыре раза по сравнению с допустимыми тогда нормами для войск.

В 9 часов 20 минут маршал Жуков заслушал доклад о метеорологической обстановке и принял решение: взрыв произвести. Экипажу самолета по радио был дан приказ сбросить атомную бомбу на опытное поле. Планируемый эпицентр взрыва был выложен большим белым крестом из отражателей.

В небе появились три самолета. Один из них нес атомную бомбу. За 10 минут до нанесения атомного удара по сигналу «атомная тревога» войска заняли укрытия и убежища.

В 9 часов 35 минут на высоте 350 метров был произведен взрыв атомной бомбы РДС-2. Энерговыделение взрыва составило 40 кт. Через пять минут после атомного взрыва началась артиллерийская подготовка и бомбоштурмовые удары авиации. Эпицентр взрыва артиллерией не затрагивался. После артиллерийской подготовки и авиаударов войска получили приказ двигаться вперед к эпицентру взрыва.

В 10 часов 10 минут наступающие атаковали позиции условного противника. Разведывательные подразделения совместно с войсками радиационной разведки двигались впереди. Около 12.00 передовой отряд, справляясь с очагами пожаров и завалов, вышел в район атомного взрыва.

Через 10–15 минут за ним, в тот же район, но севернее и южнее эпицентра, выдвинулись подразделения первого эшелона наступающих. Район загрязнения был обозначен предупредительными знаками, выставленными дозорами разведки, и наступающие подразделения имели возможность ориентироваться в радиационной обстановке.

В ходе учения атомные удары также дважды имитировались подрывом обычной взрывчатки.

Учения продолжались целый день. В 16 часов войскам был дан отбой. После окончания учения был проверен личный состав, произведен дозиметрический контроль людей и техники. Во всех подразделениях, действовавших в районе атомного взрыва, была проведена санитарная обработка воинов, заменено обмундирование, техника прошла дезактивацию.

Уникальные войсковые учения с использованием ядерного оружия завершились.

Оценивая с современных позиций проведенное в 1954 году учение, можно однозначно констатировать его огромное значение для совершенствования практики подготовки войск к действиям в условиях применения атомного оружия и в целом для укрепления боеготовности и боеспособности советских Вооруженных Сил. В ходе учений были получены уникальные результаты в вопросах отработки применения родов войск, обеспечения противоатомной защиты личного состава в условиях воздействия атомного взрыва.

1.2. Первые шаги по совершенствованию ядерного оружия

1.2.1. Общие подходы при совершенствовании ядерного оружия

Совершенствование ядерного оружия определяется, с одной стороны, уровнем достигнутого научно-технического прогресса в разработке ядерных зарядов и средств их доставки, а, с другой стороны, степенью адекватности этих достижений требованиям военно-технических и военно-политических задач.

Проектирование ядерных зарядов (ЯЗ), являющееся отправным элементом создания новых видов ЯЗ или модернизации ранее разработанных ЯЗ, неразрывно связано с ядерными испытаниями. Эта связь определяется накопленным практическим опытом разработки ядерных зарядов различных типов, развитием системы физико-математического моделирования процессов, происходящих в ЯЗ и степенью адекватности расчетных параметров результатам ядерных испытаний. Уровень достоверности и универсальности системы физико-математического моделирования является одним из ключевых элементов в технологии создания ЯЗ. Это качество определяется, с одной стороны, уровнем развития собственно физических моделей и возможностями вычислительной техники, а с другой стороны, объемом проверки их выводов в разнообразных ситуациях, складывающихся в конкретных ядерных испытаниях. В этом плане каждое ядерное испытание (удачное или не-

удачное испытание конкретного ЯЗ) вносит свой вклад в общую технологию проектирования ядерного оружия, хотя размер и значение этих вкладов могут существенно варьировать для различных экспериментов. Очевидно также, что достаточность развитой системы проектирования ЯЗ зависит также от конкретного характера решаемых задач. По мере накопления экспериментального опыта и совершенствования моделей система проектирования может в ряде вопросов заменять ядерные испытания. Конкретные характеристики развитой системы проектирования ЯЗ, особенности боеприпасов созданного ядерного арсенала, характер возможных изменений технологии производства и эксплуатации, предъявляемые требования к ЯЗ определяют возможности поддержания созданного ядерного арсенала и разработки новых видов ЯЗ в условиях запрещения (моратория) ядерных испытаний.

На первых этапах ядерных программ США и СССР работы в практическом плане были направлены на улучшение массогабаритных характеристик этих зарядов, более эффективное использование делящихся материалов, повышение стабильности параметров ЯЗ в различных ситуациях. Эти работы были связаны с проведением значительного количества ядерных испытаний, в которых апробировались конкретные технические решения перечисленных вопросов.

Известно, что в этих целях, например:

- совершенствовалась система передачи энергии взрыва химических ВВ массе делящихся материалов;
- исследовались способы повышения КПД сгорания плутония;
- повышались энергетические характеристики используемых взрывчатых составов;
- развивалась система подрыва взрывчатки;
- совершенствовались источники нейтронного инициирования цепной реакции ЯЗ;
- улучшалось качество делящихся материалов и материалов нейтронных отражателей.

Конечно, для того времени проведение данных экспериментов было целесообразно и оправдано. Вместе с тем, не вызывает сомнений и то, что в данное время системы проектирования многих подобных ЯЗ достаточны для разработки аналогов таких зарядов без ядерных испытаний.

Ядерные испытания, проводившиеся в рассматриваемых целях, предоставляли конкретную информацию в отношении энерговыделения ядерного взрыва, параметров нейтронного и гамма-излучения, сопровождающего деление ядер, и тем самым позволяли тестировать и развивать наряду с лабораторными экспериментами систему проектирования ЯЗ.

Одной из общих черт развития ядерного оружия СССР и США является то, что оба государства создали свои системы ядерных вооружений на основе плутония, как определяющего делящегося материала первичных модулей и автономных ЯЗ. Использование плутония позволило, благодаря его высоким нейтронно-размножающим свойствам, достигнуть существенного продвижения в таких параметрах, как габаритно-массовые параметры ЯЗ, отношение «энерговыделение-масса», и адаптировать ядерное оружие для целей различных видов Вооруженных Сил. Вместе с тем этот подход обусловил проблему аварийной радиационной взрывобезопасности ЯЗ, связанную с опасностью загрязнения окружающей среды активностью плутония при авариях с ЯЗ, и привел к значительному развитию радиационно-опасных технологий, связанных с производством, выделением и обработкой плутония. При этом необходимо иметь в виду, что в том случае, если бы не удалось получить такой материал, как плутоний, системы ядерного оружия США и СССР, конечно, были бы созданы, хотя история их развития и характеристики были бы, конечно, другими.

В подавляющем большинстве ядерных испытаний определялись параметры, характеризующие эффективность сжатия плутония, входящего в состав ЯЗ, а также влияние на нее различных изменений, вносимых в схему отдельных конкретных зарядов. Эти исследования, а также гидродинамические лабораторные эксперименты, гидроядерные эксперименты и нейтронно-физические эксперименты с критическими сборками позволили создать достаточно информативную картину поведения блоков с плутонием в различных условиях его взрывного нагружения, характерных для ядерных зарядов.

В течение 1956 года совершенствование ядерных зарядов было связано, в основном, с модернизацией первичного атомного заряда, использовавшегося в РДС-37 с целью повышения его экономичности. Эта задача была успешно решена в КБ-11.

1.2.2. Совершенствование тактического ядерного оружия

В 1955 году проводилась летная отработка БР Р-5М. 2 февраля 1956 года в ходе летных испытаний этой ракеты было проведено первое натурное испытание ракетно-ядерного оружия. Пуск ракеты Р-5М осуществлялся с полигона МО «Капустин Яр», а в месте приземления ракет (боевое поле вблизи города Аральск) был осуществлен наземный ядерный взрыв небольшой мощности (0,3 кт). Уменьшение уровня энерговыделения боевого оснащения ракеты было осуществлено из соображений безопасности.

В это время проводились работы по созданию ядерного боевого оснащения для средств ПВО. Это было особенно актуально, так как основной ядерной ударной силой США была стратегическая авиация.

Ядерный заряд, разработанный для торпеды Т-5, был также передан на вооружение в составе боевой части (БЧ) зенитной управляемой ракеты ЗУР-215. Зачетные испытания ЗУР-215 с ядерной БЧ были проведены в воздушном пространстве (на высоте около 10 км) на полигоне МО «Капустин Яр» 19 января 1957 года. Энерговыделение взрыва составило 10 кт. Пуск этой ракеты и взрыв ядерного заряда явились заключительным этапом государственных летных испытаний ракеты ЗУР-215. В отличие от предыдущих ядерных взрывов, проведенных в приземном пространстве, взрыв ЗУР был осуществлен на большой высоте. Под действием ядерного взрыва два самолета-мишени ИЛ-28, управляемые по радио и находящиеся на расстоянии примерно 600–1000 м от эпицентра, были уничтожены.

При проведении этой операции одновременно преследовалось несколько целей:

- исследование действия ЯВ на самолеты;
- определение ущерба наземным обороняемым объектам (зданиям и сооружениям), возможного при таких ЯВ;
- исследования влияния высоты точки взрыва на пространственно-временные характеристики его поражающего действия.

Примерно к 1957 году на предприятиях ядерного комплекса СССР было наработано достаточно большое количество оружейного урана-235, поэтому встал вопрос о его практическом использовании в атомных зарядах в комбинации с плутонием и без него. С этой целью был создан атомный заряд импловзивного типа на основе конструкции заряда РДС-4 с применением в качестве ядерного горючего только урана-235. Для инициирования цепной реакции предусматривался внешний импульсный нейтронный источник. Этот заряд был успешно испытан, после чего произошла передача его на вооружение в составе боевых частей:

- тактической баллистической ракеты «Филин» дальностью 8–18 км, с подвижным стартом;
- тактической баллистической ракеты Р-11М (Scud A) на жидком топливе дальностью 150 км с подвижным стартом;
- баллистической ракеты Р-11ФМ (типа Р-11М) для подводных лодок (комплекс Д-1).

Последняя разработка была особенно важна, поскольку представляла собой первую баллистическую ракету морского базирования с ядерным оснащением (прообраз БРПЛ). Разработка предписывалась постановлением Правительства от 26 января 1954 года, разработчиком БР было ОКБ-1, а главным конструктором комплекса был С.П. Королев. В августе 1955 года эта разработка была передана в СКБ-385 под руководством главного конструктора В.П. Макеева, которое в основном и разрабатывало все БРПЛ в СССР.

Баллистическая ракета Р-11ФМ (аналог Р-11М) представляла собой одноступенчатую ракету с моноблочной неотделяемой головной частью и жидким топливом. Дальность ракеты составляла 150 км, масса – 5,45 тонн, забрасываемый вес – около 1 тонны. Комплекс Д-1 был передан на вооружение 20 февраля 1959 года и снят с вооружения в 1967 году. Боевое оснащение этого комплекса со временем модернизировалось.

Уже на первых этапах разработки ядерного оружия СССР возникла задача создания атомного артиллерийского снаряда. Первоначально эта задача решалась для систем на принципе сближения, но затем был совершен переход к системе на принципе имплозии, что позволяло существенно сэкономить дефицитные делящиеся материалы. В результате этой разработки в 1956 году был испытан заряд для артиллерийского снаряда. Он предназначался для использования в артиллерийских системах калибра 406,4 мм на самоходных артиллерийских установках и в 420 мм минах на миномет-

ных самоходных установках. Это было эффективное оружие с дальностью до 20–25 км. Этот заряд был разработан специально созданным в структуре КБ-11 коллективом под руководством В.М. Некруткина. Научное руководство работами по оснащению ядерными зарядами артиллерийского оружия осуществлял академик М.А. Лаврентьев.

Заряд для артиллерийского снаряда существенно отличался от ранее разработанных. Это был первый ударопрочный имплозивный атомный заряд. Основные проблемы этой разработки были связаны с существенным сокращением диаметра заряда, по сравнению с уже разработанными и испытанными конструкциями, а также с обеспечением прочности конструкции заряда к действию перегрузок, возникающих при ускорении снаряда в канале ствола артиллерийского орудия.

Полигонные испытания этой уникальной в то время системы прошли удачно. Атомный снаряд к 1959 году прошел полный цикл газодинамических испытаний, и он был подготовлен к передаче в серийное производство. Однако к этому времени на вооружение уже были переданы тактические баллистические ракеты с ядерным оружием с примерно такой же дальностью действия, и актуальность использования атомного снаряда такого калибра пропала. В дальнейшем разработка ядерных зарядов для артиллерийских систем стала важной частью ядерных оружейных работ и была сосредоточена в НИИ-1011 (в настоящее время РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск).

В 1958 году одной из важных задач было создание зарядов, как чисто ядерных так и бустированных, с уменьшением расходов дефицитных делящихся материалов. В этих целях применялись различные схемы левитации делящихся материалов и их различные композиции.

В 1958 году были предприняты попытки дальнейшего существенного продвижения по пути миниатюризации ядерных зарядов. В КБ-11 был разработан и успешно испытан малогабаритный ядерный заряд.

1.3. Первые шаги по совершенствованию термоядерного оружия

1.3.1. Проблема стратегических средств доставки ядерного оружия и ее решение

В середине 50-х годов ядерные возможности СССР и США были несоизмеримыми. Дело было не только в количестве и мегатоннаже ядерных боеприпасов, но также и в возможностях средств доставки. В США уже в 1948 году поступил на вооружение стратегический бомбардировщик В-36, а в 1955 году – стратегический бомбардировщик В-52, которые были оснащены ядерным и термоядерным оружием. Кроме того, по периметру границ СССР размещались многочисленные военные базы США, которые могли использоваться (и использовались) для базирования различных видов самолетов с меньшим радиусом действия, также оснащенных ядерным оружием. Вся эта система ядерных вооружений США угрожала объектам, расположенным непосредственно на территории СССР, а Советский Союз в это время не имел средств доставки ядерного оружия на территорию США, и мог осуществлять «сдерживающую угрозу» только в отношении американских войск за рубежом и их союзников (в основном в Европе). Понятно, что в таких условиях исключительно важной была не только задача совершенствования ядерных и термоядерных боеприпасов, но и создание их средств доставки с межконтинентальной дальностью. На решение этих задач были направлены три программы:

- создание первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7;
- создание стратегического бомбардировщика;
- создание первой атомной подводной лодки с баллистическими ракетами.

Начало работ по созданию МБР Р-7 относится к 1953 году, и было закреплено постановлением Правительства от 20 мая 1954 года. Ракета Р-7 представляла собой двухступенчатую ракету на жидком топливе массой 280 тонн с забрасываемым весом 5,4 тонны и дальностью 8000 км. Ее разработчиком было ОКБ-1, а главным конструктором – С.П. Королев. Летные испытания Р-7 проводились в период с 1957 по 1959 год, и 20 января 1960 года эта первая советская МБР была принята на вооружение.

Дальность МБР Р-7 в 8000 км не была достаточной и поэтому уже в 1958 году было принято решение о создании ее улучшенного варианта – МБР Р-7А, которая должна была нести более легкое боевое оснащение (забрасываемый вес – 3 тонны), и имела бы дальность до 12000 км. Этот вариант

МБР был принят на вооружение вслед за Р-7 12 сентября 1960 года. Тем самым принципиальная задача создания необходимых средств доставки ядерного оружия в виде МБР была решена, и впереди предстоял долгий путь развития этого вида оружия.

Постановлением Правительства от 24 марта 1951 года предписывалось создать КБ под руководством В.М. Мясищева для разработки реактивного стратегического бомбардировщика, способного доставить ядерное оружие на территорию США. Дальность самолета должна была составлять 11 000–12 000 км при бомбовой нагрузке в 5 тонн. Самолет М-4 был построен в рекордные сроки и 20 января 1953 года вышел на летные испытания. Однако его дальность составила только 8 500 км, что было недостаточно для решения поставленной задачи. Самолет был модернизирован и его новый вариант 3М с дальностью около 12 000 км совершил свой первый полет 27 марта 1956 года. Самолет М-4 был принят на вооружение в 1956 году, а самолет 3М – в 1958 году.

11 июля 1951 года постановление Правительства также предписывало начать работы по созданию стратегического бомбардировщика в КБ под руководством А.Н. Туполева. 12 ноября 1952 года самолет ТУ-95 совершил свой первый полет. Его дальность составила около 13 000 км. В августе 1957 года он был принят на вооружение.

Решение задач создания самолетов 3М и ТУ-95 положило начало развитию средств стратегической авиации СССР, и исторически эти стратегические бомбардировщики явились первым видом вооружений, способным поразить цели на территории США.

Первые советские БРПЛ были развернуты на дизельных подводных лодках. Комплекс Д-1 с ракетами Р-11ФМ был развернут первоначально на дизельных подводных лодках (ПЛ) проектов В-611 и АВ-611. На каждой ПЛ этого типа размещалось по две БРПЛ. Для запуска ракет подводная лодка должна была всплывать в надводное положение. Работа над созданием этой ПЛ была определена постановлением Правительства от 26 января 1956 года. Разработку ПЛ проводило ЦКБ-16 под руководством главного конструктора Н.Н. Исанина. Подводные лодки этого типа находились на вооружении в составе ВМФ в период с 1956 по 1968 год.

Комплекс Д-2 с ракетами Р-13 был развернут первоначально на дизельных подводных лодках проекта 629. На каждой ПЛ размещалось по три БРПЛ. Пуск ракет производился в надводном положении. Проект 629 был первой специальной ракетной ПЛ СССР. Его создание было определено постановлением Правительства от 26 января 1954 года и было поручено ЦКБ-16. В конце 1958 года были проведены испытания подводных лодок проекта 629 и в 1960 году они поступили в состав ВМФ. В связи с недостаточной дальностью ракет Р-13 в марте 1958 года было принято решение о переоборудовании ПЛ под комплекс Д-4 – проект 629А. Подводные лодки проекта 629 находились в составе ВМФ с 1959 года до конца 70-х годов, а подводные лодки проекта 629А – с 1967 по 1990 год.

Решение о строительстве первых атомных подводных лодок с баллистическими ракетами было принято 26 августа 1956 года. Первая АПЛ (К-19) проекта 658 была заложена 17 октября 1958 года и была построена 12 ноября 1960 года. Разрабатывалась эта АПЛ в ЦКБ-18 под руководством главного конструктора С.Н. Ковалева. Боевым оснащением первых АПЛ были БР Р-13 (комплекс Д-2) разработки СКБ 385 под руководством главного конструктора В.П. Макеева. Начало разработки определялось постановлением Правительства от 25 августа 1955 года, а задачей разработки было существенное увеличение дальности БРПЛ по сравнению с Р-11 ФМ, с тем, чтобы можно было поразить цели в глубине территории противника. Р-13 представляла собой одноступенчатую ракету с моноблочной отделяющейся боевой частью, жидким топливом, массой 13,7 тонн, забрасываемым весом 1,6 тонны и дальностью 600 км. 13 октября 1961 года комплекс Д-2 был принят на вооружение, и тем самым была решена третья задача создания стратегических средств доставки ядерного оружия СССР.

Приведем для сравнения некоторые данные по истории создания стратегических средств доставки ядерного оружия в США.

Начало программы создания баллистических ракет в США относится к периоду второй мировой войны. Ее инициатором был Теодор фон Карман. На рубеже 1950 года в США уже существовали различные программы по созданию ракет: «земля-земля», «земля-воздух», «воздух-земля» и «воздух-воздух» с ядерным оснащением. При этом, однако, существовал целый ряд трудностей, связанных с большими массогабаритными параметрами ядерных боеприпасов США в то время. В октябре 1953 года Специальный комитет по развитию стратегических ракет под руководством

Джона фон Неймана рассмотрел различные ракетные программы и установил, что стратегические баллистические ракеты могут быть быстро созданы и развернуты, если для этого будут выделены необходимые ресурсы. 1 июля 1954 года было принято решение о разработке первой МБР США Atlas, а производство этих ракет было начато в июне 1957 года. Первые ракеты Atlas были развернуты в США в октябре 1960 года.

Исследования по возможности создания атомных подводных лодок были начаты в США в 1946 году под руководством Хаймана Риквера, и в 1947 году была создана специальная лаборатория KAPL для проектирования, испытаний и строительства морских ядерных реакторов. Первая атомная ударная подводная лодка Nautilus поступила на вооружение в январе 1955 года. Решение о создании системы БР, базирующихся на атомных подводных лодках было принято в августе 1955 года, а в ноябре 1960 года первая АПЛ George Washington с БРПЛ Polaris вышло на боевое дежурство. Следует отметить, что первоначально предполагалось использовать для оснащения АПЛ БР среднего радиуса действия Jupiter, однако ее массогабаритные параметры (масса 73,6 т) и использование в ней жидкого топлива вызывали большие трудности. Это привело к выработке в марте 1956 года требований ВМФ на разработку легкой (13,6 т) твердотопливной ракеты, оснащенной легкими термоядерными боеголовками. Эти требования и легли в основу проекта Polaris.

Таким образом, хотя США существенно опережали по срокам СССР в развитии стратегической авиации, сроки постановки на вооружение МБР и БРПЛ у двух стран были близки. При этом технические характеристики АПЛ с баллистическими ракетами США были в это время существенно выше.

1.3.2. Работы по созданию боевого оснащения МБР Р-7

Первоначально МБР Р-7 предполагалось оснастить термоядерным зарядом типа РДС-6с. При этом было необходимо исключить применение в этом заряде дейтерида-тритида лития из-за дефицитности трития и существенного ухудшения эксплуатационных характеристик заряда в случае использования трития. Также было необходимо увеличить энерговыделение заряда.

Оценки показали, что заряд типа РДС-6с с требуемой мощностью будет иметь чрезмерно большие габариты и массу. Поэтому было принято решение исследовать возможность увеличения мощности заряд РДС-6с в его бестритиевом варианте за счет применения значительной массы делящихся материалов.

Этому заряду было присвоено обозначение РДС-6сД. В ходе разработки постепенно становилось ясным, что на пути использования физической схемы заряда РДС-6с не может быть решена проблема создания высокоэффективного термоядерного заряда необходимой мощности.

Разработка мощных термоядерных зарядов по двухстадийной схеме позволила отказаться от пути их создания по одностадийной схеме. Двухстадийная схема термоядерных зарядов позволяла резко поднять удельную мощность боеприпасов (отношение мощности боеприпаса к его массе).

Заряд РДС-37, хотя и удовлетворял по уровню энерговыделения требованиям, предъявленным к боевому оснащению МБР Р-7, требовал серьезной модернизации. Разработка нового заряда с самого начала стала носить острый конкурентный характер. В ней участвовали как специалисты КБ-11, так и НИИ-1011. Как часто бывает во всяком новом деле, специалисты пытались внести в схему заряда усовершенствования различных типов. В 1956 году КБ-11 провело в этих целях пять испытаний термоядерных устройств. Однако проблему решить не удалось, причем в трех испытаниях был получен отказ термоядерных узлов. Это был серьезный удар, который свидетельствовал о недостаточности имевшихся в то время представлений о процессах, происходивших в зарядах типа РДС-37.

В это же время НИИ-1011 на базе конструкции РДС-37 также разрабатывал мощные термоядерные заряды. 10 и 16 апреля 1957 года НИИ-1011 провел на Семипалатинском полигоне испытания двух термоядерных зарядов. Испытания 10 апреля 1957 года показали хорошие результаты. Это были испытания зарядов, проводившиеся со специальным снижением энерговыделения в интересах безопасности.

В результате было принято решение:

- «принять для носителя Р-7 заряд КБ-11, состоящий из термоядерного узла НИИ-1011 и первичного атомного заряда на базе РДС-4;
- испытание заряда провести на полную мощность взрыва».

Заряд для ракеты Р-7 испытывался в корпусе авиабомбы. Ввиду высокой расчетной мощности термоядерного заряда и в соответствии с принятым решением о проведении полномасштабного взрыва, его испытание проводилось на Северном полигоне. Местом испытания было выбрано опытное поле, расположенное в 260 км от основной базы полигона.

6 октября 1957 года бомба была сброшена с самолета ТУ-16. Бомбометание производилось с высоты 11500 м. Взрыв был произведен на высоте около 2100 м над целью. В момент взрыва образовался ослепительный яркий огненный шар.

Полученная мощность термоядерного заряда в 2,9 Мт превышала расчетную на 20%.

В процессе разработки конструкции ГЧ ракеты Р-7, кроме наземной лабораторно-конструкторской отработки, были проведены летно-конструкторские испытания с целью определения состояния ее конструкции, температурного воздействия на нее, перемещений и деформации узлов в условиях действия реальных перегрузок и температур при полете ГЧ. При летно-конструкторских испытаниях передавалась соответствующая телеметрическая информация на наземные регистрационные комплексы. Летные испытания показали сохранность целостности конструкции ГЧ и заряда, величины перегрузок, температурных воздействий и перемещений узлов конструкции были в пределах допустимых значений. В целом это позволило сделать вывод о высокой надежности ГЧ ракеты Р-7.

Первая межконтинентальная баллистическая ракета в СССР Р-7 с термоядерным зарядом имела дальность стрельбы около 8000 км. Всего было развернуто четыре ракетных комплекса, которые были громоздкими и весьма дорогостоящими, с низким уровнем боевой готовности.

Схема размещения термоядерного заряда в головной части ракеты Р-7 имела существенные недостатки, связанные с особенностями межведомственных взаимоотношений. Заряд не был автономным агрегатом, что было неудобно как для разработчиков головной части, так и для разработчиков заряда.

Поскольку КБ-11 и ОКБ-1 принадлежали к разным государственным ведомствам, то возникли сложности, связанные, главным образом, с ведомственной ответственностью за обеспечение выполнения технических требований и нормального функционирования элементов конструкции корпуса ГЧ и заряда в процессе эксплуатации и возможного боевого применения.

Поэтому естественно было стремление разработчиков заряда к созданию компактной конструкции термоядерного заряда в виде автономного агрегатного узла в собственном едином корпусе с соответствующими установочными и посадочными элементами крепления в боевом отсеке корпуса ГЧ.

1.4. Термоядерные заряды второго поколения

После создания РДС-37 начались интенсивные работы по развитию нового принципа и созданию новых термоядерных зарядов. Работы были связаны в основном со следующими направлениями:

- улучшением габаритных параметров зарядов и их адаптации к конкретным носителям;
- усилением имплозии как за счет оптимизации структуры вторичного модуля, так и за счет изменения способов влияния энергии излучения на режим имплозии;
- исследованием способов симметризации имплозии вторичного модуля;
- повышением энерговыделения термоядерного оружия;
- созданием новых первичных источников энергии.

Возник мощный интеллектуальный импульс, который временами приобретал характер лихорадочной деятельности. Произошло дробление коллектива интеллектуальных лидеров, которое усугублялось выделением из КБ-11 (Саров) второго ядерного института – НИИ-1011 (Снежинск) и необходимостью самоутверждения нового ядерного центра. В период «термоядерной лихорадки» 1956–1958 годов (3 ноября 1958 года закончились ядерные испытания, и начался первый мораторий на их проведение) в СССР было проведено 59 ядерных испытаний, что в 2,5 раза превышает их количество в период 1949–1955 годов. Общий мегатоннаж ядерных испытаний к концу 1958 года составил 27 Мт, причем 90% его приходится на 1956–1958 годы. Для поддержки реализации программы создания термоядерного оружия был создан Северный испытательный полигон на островах Новая Земля, на котором было проведено к началу моратория 29 ядерных испытаний с общим мега-

тоннажем в 20,7 Мт. Приведем некоторые интегральные характеристики ядерных испытаний 1956–1958 годов, которые характеризуют общие особенности работ этого периода:

- 29 ядерных испытаний было направлено непосредственно на создание и отработку двухстадийных термоядерных зарядов, причем 12 испытаний оказались неудачными;
- 16 ядерных испытаний использовали заряды, разработанные в КБ-11, а 13 ядерных испытаний – заряды, разработанные в НИИ-1011.

Особо следует остановиться на работах 1958 года. В этом году был испытан новый тип термоядерного заряда «изделие 49», которое явилось следующим шагом в формировании эталона термоядерных зарядов (его разработка была завершена в 1957 году). Идеологами этого проекта и разработчиками физической схемы заряда были Ю.А. Трутнев и Ю.Н. Бабаев. Особенность нового заряда состояла в том, что при использовании основных принципов РДС-37 в нем удалось:

- существенно уменьшить габаритные параметры за счет нового смелого решения задачи переноса рентгеновского излучения, определяющего имплозию;
- упростить слоеную структуру вторичного модуля, что оказалось чрезвычайно важным практическим решением.

По условиям адаптации к конкретным носителям «изделие 49» разрабатывалось в меньшей габаритно-весовой категории по сравнению с зарядом РДС-37, однако его удельное объемное энерговыделение оказалось в 2,4 раза больше. Физическая схема заряда оказалась исключительно удачной, заряд был передан на вооружение и впоследствии подвергся модернизации, связанной с заменой первичных источников энергии.

Для «изделия 49» первичный атомный заряд был испытан автономно еще в 1957 году. В ходе этой разработки удалось существенно (в 1,5 раза) уменьшить размер первичного атомного заряда, обеспечив при этом его достаточно высокое энерговыделение.

В 1958 году было проведено 18 испытаний двухстадийных термоядерных зарядов (10 испытаний семи новых систем, разработанных в КБ-11, и 8 испытаний систем, разработанных в НИИ-1011). Из этих испытаний термоядерных устройств 12 испытаний были успешными. Среди 10 испытаний термоядерных зарядов КБ-11 8 испытаний относились к устройствам, созданным на основе «изделия 49». Их энерговыделение находилось в пределах от 0,2 до 2,8 Мт.

В конце 1958 года КБ-11 был успешно испытан новый термоядерный заряд по схеме изделия 49 для оснащения стратегической МБР Р-7А. По сравнению с зарядом, разработанным для оснащения первого варианта этой МБР Р-7, при сохранении энерговыделения были радикально уменьшены массогабаритные параметры заряда (диаметр заряда был уменьшен в 1,75 раза). В качестве первичного атомного заряда использовался заряд с газовым Т-Д бустингом. В этой же серии испытаний термоядерных зарядов на бустированный атомный заряд было переведено и само «изделие 49».

Отметим, что в 1958 году под руководством Ю.А. Трутнева был разработан самый легкий к тому времени термоядерный заряд по схеме «изделия 49», который также был успешно испытан. Работы по миниатюризации термоядерного оружия были в то время новым делом, и они встречались с определенным непониманием и сопротивлением. Ю.А. Трутнев являлся инициатором этого направления деятельности, которую считал исключительно перспективной и энергично отстаивал. Эта позиция была понята и оценена И.В. Курчатовым, который его поддержал, что решило вопрос об отработке этого нового термоядерного заряда в 1958 году.

Успешная разработка «минимального» термоядерного заряда в 1958 году также была связана с использованием бустированного атомного заряда, в котором удалось еще существенно уменьшить массогабаритные параметры.

Осенью 1958 года СССР вступил в совместный с США мораторий на ядерные испытания. Не касаясь политической стороны вопроса, отметим, что для СССР это было в военно-техническом отношении неудачное решение. США к этому времени провели 196 ядерных испытаний и создали мощный термоядерный арсенал, в состав которого входило 7500 ядерных и термоядерных зарядов. Его общий мегатоннаж составлял в 1958 году 17,3 Гт. В период моратория в 1960 году численность боезарядов ядерного арсенала США возросла до 18600, а его общий мегатоннаж составлял при этом 20,5 Гт. Эти цифры показывают, что необходимый уровень мегатоннажа был уже набран, и происходила диверсификация возможностей ядерного арсенала США за счет увеличения его численности.

Общее число типов ядерных и термоядерных зарядов США, разработанных до моратория и переданных на вооружение (до или после моратория), может быть оценено в 35–40, а общий объем их производства оценивается в 40000 единиц.

Ничем подобным СССР не располагал. Это был период безусловного ядерного превосходства США, и в их интересах было «заморозить» это положение. В СССР к этому времени уже было создано «изделие 49» и ряд других термоядерных зарядов, однако еще не было достигнуто необходимое тиражирование термоядерных зарядов в различные габаритно-массовые категории. Необходимо было решить и задачу создания «сверхмощных» термоядерных зарядов, с тем, чтобы в какой-то степени парировать огромное превосходство термоядерного арсенала США. Без ядерных испытаний это сделать было невозможно, и наступил опасный период роста ядерных возможностей США в период моратория, опиравшийся на внедрение отработанной ими к тому времени системы ядерных и термоядерных зарядов.

Наши политики рассуждали о безъядерном мире, о полном запрещении ядерных испытаний, а СССР был окружен сетью военных баз США и НАТО, опираясь на которые США реально могли уничтожить наше государство в термоядерной войне. При этом возможности ответной значимой угрозы для американского государства у нас практически отсутствовали.

В связи с обострением советско-американских отношений 1 сентября 1961 года мораторий на ядерные испытания был прерван, и наступил период отработки нового поколения термоядерных зарядов СССР. Этот период продолжался всего 16 месяцев, однако его было достаточно для практического создания основы термоядерного арсенала СССР. В этот период было проведено 138 ядерных испытаний, в том числе 55 испытаний, непосредственно относившихся к отработке термоядерных зарядов с общим мегатоннажем около 220 Мт. Работа временами приобретала острый конкурентный характер, и два ядерных института выходили на испытания с близкими проектами. Из рассматриваемого общего числа испытаний собственно термоядерных зарядов 35 ядерных испытаний были связаны с разработками КБ-11, а 20 ядерных испытаний – с разработками НИИ-1011. Не все эти испытания были удачными: на долю КБ-11 приходится 7 неудачных испытаний и на долю НИИ-1011 – 7 неудачных испытаний.

Все разработки термоядерных зарядов в КБ-11 в 1961 и 1962 году проводились под руководством А.Д. Сахарова, Ю.А. Трутнева и Ю.Н. Бабаева. Каждую разработку курировал, как правило, один из этих лидеров, иногда руководство осуществлялось совместно. Ю.А. Трутнев являлся при этом также активным разработчиком конкретных образцов термоядерных зарядов.

В ходе ядерных испытаний, проводившихся с системами, разработанными в КБ-11, были созданы новые термоядерные заряды с энерговыделением от 100 кт до 100 Мт.

В 1955 году была начата разработка первой стратегической ракеты средней дальности Р-12, которая являлась первой ракетой, использовавшей хранение компонент топлива. Ракета Р-12 представляла собой одноступенчатую ракету с отделявшейся головной частью. Масса ракеты составляла 47,1 тонн. Масса головной части составляла 1,6 тонны, дальность ракеты – 2080 км. Ракета была принята на вооружение 4 марта 1959 года. В 1961 году состоялись уникальные испытания этих ракет совместно с испытанием термоядерного боеприпаса на основе «изделия 49». 12 и 16 сентября со стартовых позиций, расположенных на континентальной части СССР, были осуществлены пуски ракет Р-12 на территорию испытательной площадки Новоземельского полигона. Ракеты достигли цели и над территорией площадки на высоте более 1 км были успешно осуществлены термоядерные взрывы их боеприпасов. Это были первые комплексные испытания баллистических ракет совместно с термоядерным боевым оснащением.

8 сентября 1962 года в ходе комплексных испытаний был осуществлен пуск следующей стратегической ракеты средней дальности Р-14, также оснащенной термоядерным зарядом разработки Ю.А. Трутнева и Ю.Н. Бабаева. Ракета достигла территории испытательной площадки, и над ней был произведен воздушный взрыв со значительно большим энерговыделением, чем в 1961 году. Разработка ракеты Р-14 была начата в 1958 году, а 24 апреля 1961 года она была принята на вооружение. Так же как и ракета Р-12, эта была одноступенчатая баллистическая ракета, которая имела большие размеры и обладала вдвое большей дальностью, что позволяло ей осуществлять контроль над европейским пространством.

Разработчиком ракет Р-12 и Р-14 являлось КБ «Южное». Ракеты Р-12 (и их модернизация Р-12У) были развернуты в максимальном количестве до 608 пусковых установок, а ракеты Р-14 (и их модернизация Р-14У) были развернуты в максимальном количестве 97 пусковых установок. Эти ракеты до середины 60-х годов вместе с МБР Р-16 являлись основой стратегических ядерных сил СССР, и они находились на вооружении до начала 80-х годов XX века.

Следует остановиться подробнее на разработке самого мощного термоядерного заряда с энергосвободением в 100 Мт. Вопросы возможности создания сверхбомбы рассматривались уже в самом начале 1956 года (А.Д. Сахаров, Я.Б. Зельдович, В.А. Давиденко).

Следует отметить, что идея сверхбомбы неоднократно рассматривалась в США. В 1954 году Эдвард Теллер высказал идею о возможности разработки термоядерного заряда с энергосвободением в 10000 Мт. В 1956 году Пентагон вырабатывал требования к боеголовкам мощностью в 100 Мт, а Лос-Аламосская лаборатория обосновала возможность создания термоядерного заряда с энергосвободением в 1000 Мт.

Первоначально разработка заряда сверхбольшой мощности была начата в 1956 году в НИИ-1011 и получила название «проект 202». Этот проект представлял собой развитие принципов РДС-37 и был ориентирован на достижение энергосвободения в 30 Мт. В качестве боеприпаса, использующего такой термоядерный заряд, предполагалась авиабомба, для которой был разработан необходимый корпус и парашютная система. Следует отметить, что по своим габаритным характеристикам эта авиабомба не помещалась внутри бомбового отсека тяжелого бомбардировщика ТУ-95, который поступил на вооружение в 1957 году. «Проект 202» не был реализован.

После окончания моратория в 1961 году к задаче создания сверхбомбы вернулись, но теперь речь уже шла о термоядерном заряде с энергосвободением 100 Мт, который должен был размещаться в авиабомбе, разработанной по «проекту 202». На этом этапе разработка нового сверхмощного заряда проводилась в КБ-11 по инициативе Ю.А. Трутнева и А.Д. Сахарова, в состав авторского коллектива входили также Ю.Н. Бабаев, В.Б. Адамский и Ю.Н. Смирнов. Оригинальные решения и накопленный опыт позволили исключительно быстро реализовать эту разработку, и заряд был успешно испытан 30 октября 1961 года.

Среди особенностей этого заряда следует отметить то обстоятельство, что большой объем заряда (обусловленный его высоким энергосвободением), требовал значительных количеств энергии рентгеновского излучения для осуществления имплозии. Разработанные ядерные заряды не удовлетворяли этому условию, и поэтому в качестве первичного источника «сверхмощного заряда» использовался разработанный ранее двухстадийный термоядерный заряд с относительно небольшим энергосвободением. Этот заряд был ранее разработан Ю.А. Трутневым и Ю.Н. Бабаевым.

Другая особенность сверхмощного заряда была связана с обеспечением его натурных испытаний. Полномасштабное испытание заряда с энергосвободением в 100 Мт привело бы к значительному выходу радиоактивности, определяемой продуктами деления U-238. Кроме того, по специфике условий сброса авиабомбы, в которой находился заряд, высота взрыва была недостаточна, чтобы исключить касание поверхности земли огненным шаром взрыва, а в этом случае произошло бы значительное радиоактивное загрязнение полигона. Поэтому А.Д. Сахаровым было предложено и реализовано проведение неполномасштабного испытания сверхбомбы, во вторичном модуле которой U-238 был заменен на пассивные материалы, которые не делятся и не активируются значимым образом термоядерными нейтронами. Кроме того, снижение уровня энергосвободения до 50 Мт позволило избежать и касания грунта огненным шаром взрыва. Таким образом, несмотря на огромное энергосвободение, это испытание было проведено экологически относительно безопасным образом. Доля энергосвободения, определяемого реакциями деления, составила при этом 3%.

Термоядерный заряд сработал в расчетном режиме, энергосвободение взрыва составило 50 Мт, и, тем самым, сверхбомба с полномасштабным энергосвободением в 100 Мт была создана. Хотя этот заряд не был поставлен на вооружение (баллистические ракеты, которые стали рассматриваться в качестве основного средства доставки ядерного оружия, не обладали достаточной грузоподъемностью), тем не менее, создание и испытание сверхбомбы имели большое политическое значение, продемонстрировав, что СССР решил задачу достижения практически любого уровня мегатоннажа ядерного арсенала. Любопытно отметить, что после этого прекратился рост мегатоннажа ядерного арсенала США.

В 1962 году Ю.А. Трутневым и В.С. Лебедевым был разработан уменьшенный вариант сверхбомбы с энерговыделением в 2,5 раза меньше, чем вариант 1961 года. Уменьшение энерговыделения и габаритно-массовых параметров позволяло рассчитывать на оснащение таким зарядом тяжелой МБР. Испытание заряда производилось в неполномасштабном варианте с использованием пассивных материалов, существенно уменьшивших (так же как и в испытании 1961 года) выход радиоактивности в испытательном взрыве.

Отметим для сравнения, что самый мощный термоядерный заряд США Mk-41 имел энерговыделение 25 Мт и был испытан в 1958 году в неполномасштабном варианте повышенной чистоты с энерговыделением около 9 Мт и долей энерговыделения, определяемого реакциями деления, в 5%. Этот заряд стоял на вооружении в составе авиабомбы до 1977 года.

В результате ядерных испытаний 1961–1962 годов СССР сделал новый рывок в разработке широкой номенклатуры атомных и термоядерных зарядов для оснащения Вооруженных Сил. С сентября 1961 по декабрь 1962 года было проведено 138 ядерных испытаний.

К началу 60-х годов КБ-11 и НИИ-1011, являвшиеся по своей сути научно-производственными комплексами, существенно выросли как по численности специалистов, так и по производственной мощности заводов и цехов, аппаратурной оснащенности лабораторных и исследовательских подразделений. Произошли и структурные преобразования. Административно и функционально организации разделились на четыре основных блока:

- физико-теоретические, экспериментальные и расчетные подразделения;
- конструкторское бюро по разработке и испытаниям ядерных зарядов;
- конструкторское бюро по разработке ядерных боевых частей и боеприпасов;
- опытное производство (заводы).

Взросший научно-производственный потенциал и новая структура позволили сконцентрировать усилия и все средства на решении главной задачи – создании ядерного щита государства. Полигонные испытания, начавшиеся в сентябре 1961 года, сыграли решающую роль в решении этой задачи. В течение предельно короткого срока были разработаны и испытаны новые, более совершенные конструкции термоядерных зарядов, экспериментально подтверждены их расчетные характеристики, уровень безопасности, надежности.

В период проведения ядерных испытаний 1961–1962 года решались следующие основные задачи:

1. Испытания термоядерных зарядов для разрабатываемых МБР и других систем вооружения.
2. Создание мощных термоядерных зарядов для будущих тяжелых МБР.
3. Повышение удельной мощности термоядерных зарядов, испытанных до заключения трехстороннего моратория 1958 года.
4. Разработка малогабаритных атомных зарядов с высокими удельными характеристиками.
5. Проверка ядерной взрывобезопасности атомных зарядов в режиме одноточечного иницирования.
6. Проверка надежности атомных и термоядерных зарядов.
7. Экспериментальная проверка новых физических идей и технических решений, связанных с совершенствованием элементов атомных зарядов.
8. Полигонные опыты с целью изучения физических основ разработки ядерных взрывных систем.

Для повышения удельной мощности значительные усилия были сосредоточены на совершенствовании первичных атомных зарядов, снижении их массы, габаритов, и именно в этом направлении удалось добиться значительных успехов. За счет поэтапного улучшения тактико-технических характеристик первичных модулей были разработаны термоядерные заряды с более высокими удельными показателями мощности и более совершенные по другим тактико-техническим характеристикам. Впоследствии они были переданы на вооружение с соответствующими ГЧ.

После испытаний прошли полномасштабную лабораторно-конструкторскую отработку и были переданы в серийное производство целый ряд термоядерных зарядов, атомных зарядов и первичных инициаторов разработки КБ-11. Эти заряды поступили на вооружение для боевого оснащения ядерного оружия различного назначения, прежде всего стратегического.

В некоторых экспериментальных зарядах в процессе полигонных испытаний не была подтверждена расчетная мощность. Часть термоядерных зарядов определенных весовых категорий, имея даже очень высокие удельные показатели, не нашла реального применения из-за несоответствия массы зарядов и полезной нагрузки МБР.

Среди основных видов стратегического оружия, для которых разрабатывались ядерные заряды в рассматриваемый период времени, отметим: МБР Р-16, Р-9А, Р-36, баллистические ракеты средней дальности Р-12 и Р-14, комплекс Д-4 с БРПЛ Р-21. Многие из разрабатываемых в это время зарядов стояли на вооружении и в последующих более современных видах стратегического оружия.

Для того чтобы представить масштабность проводившихся в это время работ по развитию стратегического оружия приведем некоторые данные для ряда стратегических ядерных систем.

МБР Р-16 – межконтинентальная ракета на хранимом жидком топливе. Двухступенчатая ракета с массой 141 тонна, забрасываемым весом 2,2 тонны и дальностью 11 000–13 000 км. Разработчик ракеты – ОКБ-586 под руководством главного конструктора М.К. Янгеля. Начало разработки МБР Р-16 положило постановление Правительства от 17 декабря 1956 года. Ракета была принята на вооружение 20 октября 1961 года и снята с вооружения в 1976 году. Максимальное количество этих МБР, стоявших на вооружении, оценивается в 186 единиц, и пик их развертывания был достигнут уже в 1965 году.

МБР Р-9А – межконтинентальная ракета на жидком криогенном топливе. Двухступенчатая ракета с массой 80 тонн, забрасываемым весом 2,1 тонны и дальностью 12 500 км. Разработчиком ракеты было ОКБ-1 под руководством главного конструктора С.П. Королева. Разработка была определена постановлением Правительства от 13 мая 1959 года. Ракета была принята на вооружение 21 июля 1965 года и снята с вооружения в 1976 году. Максимальное количество этих ракет, стоявших на вооружении, оценивается в 23 единицы, и пик их развертывания был достигнут в 1965 году.

МБР Р-36 – межконтинентальная тяжелая ракета на жидком топливе. Двухступенчатая ракета с массой 184 тонны, забрасываемым весом 5,8 тонны и дальностью 10 200 км. Разработчиком ракеты было ОКБ-586 под руководством главного конструктора М.К. Янгеля. Начало разработки МБР было определено постановлением Правительства от 16 апреля 1962 года. Ракета была принята на вооружение 21 июля 1967 года и снята с вооружения в 1978 году. Различные модернизации этой МБР явились основой РВСН СССР, и некоторые из них стоят на вооружении до сих пор. Максимальное количество МБР Р-36, стоявших на вооружении, оценивается в 257 единиц, и пик их развертывания был достигнут к началу 70-х годов.

Ракета Р-36 имела орбитальный вариант, который позволял выводить боеголовку на околоземную орбиту и оттуда поражать цель («глобальная ракета»). В этом случае в состав головной части входила и специальная двигательная установка с системой управления. Этот вариант МБР был принят на вооружение 19 ноября 1968 года и снят с вооружения в 1983 году.

Комплекс Д-4. БРПЛ Р-21 представляет собой одноступенчатую ракету с жидким топливом, массой 16,6 тонн, забрасываемым весом 1,2 тонны и дальностью 1 400 км. Первоначально разработка этой БРПЛ была поручена ОКБ-586, но в марте 1959 года она была передана в СКБ-385 под руководством главного конструктора В.П. Макеева. В качестве носителя комплекса была определена АПЛ проекта 658 в модернизированном исполнении (проект 658М). Каждая АПЛ имела на вооружении 3 БРПЛ Р-21. Система была принята на вооружение 15 мая 1963 года и была снята с вооружения в 1989 году.

Следует отметить, что комплекс Д-4 был развернут также на дизельных подводных лодках проекта 629А, которые находились на вооружении с 1967 по 1990 год. Всего комплексом Д-4 были оснащены семь АПЛ проекта 658М и десять дизельных ПЛ проекта 629А с общим количеством БРПЛ в 51 единицу.

К стратегическим ядерным силам этого времени относится стратегический бомбардировщик ТУ-95К, представлявший собой модернизацию ТУ-95 под боевое оснащение в виде крылатой ракеты Х-20. Этот самолет осуществил первый полет 1 января 1956 года и был принят на вооружение в конце 1959 года. Дальность самолета составляла 10 300 км. КР Х-20 была разработана в ОКБ А.И. Микояна и имела массу в 11 тонн, боевую часть массой 2,3 тонны и дальность до 600 км.

Испытаниями 1961–1962 годов, в особенности испытаниями сверхмощных зарядов, СССР продемонстрировал значительные успехи в ядерных технологиях. В результате испытаний разрыв между СССР и США в количестве полигонных экспериментов существенно сократился.

К середине 1963 года, то есть к окончанию эпохи атмосферных ядерных испытаний СССР произвел 221 ядерный взрыв, США – 333 ядерных взрыва.

1.5. Бустинг в ядерных зарядах

Одним из решающих моментов в развитии ядерных зарядов, в особенности – первичных атомных зарядов для стадийного термоядерного оружия, стала возможность использования в ядерных зарядах бустинга. Этот физический принцип использовался в ядерных оружейных программах в США, СССР, Великобритании, а также в разработках Франции и КНР. Мы остановимся на работах в первых трех странах, поскольку для них имеется по этому вопросу достаточно много открытой информации.

Когда ядерный заряд срабатывает, центр ядра подвергается действию высоких давлений и температур, определяемых имплозией центральной части и процессами деления. Характерные уровни давлений составляют гигабары, а характерные уровни температуры – десятки миллионов градусов. Эти условия в центре обжимаемого ядра достаточны для инициирования термоядерных реакций. Термоядерные нейтроны, благодаря своей высокой энергии, эффективно взаимодействуют с ядрами ДМ.

Импульс термоядерных реакций вызывает развитие цепной реакции, более быстрое, чем обычно, и ядра ДМ делятся, пока центральная часть еще не дезинтегрировалась, что многократно увеличивает эффективность процесса деления.

1.5.1. Бустинг в США

Бустирование ядерных зарядов является ранней идеей, появившейся в Лос-Аламосе в 1944 году. В апреле 1944 года был составлен текст патента, в котором предлагалось устройство имплозивного типа, содержащего дейтерий и тритий, в котором эффективность цепной реакции существенно возрастала за счет генерации дополнительных нейтронов в термоядерных реакциях, вызванных процессом деления (этот документ связан с Клаусом Фуксом). Заявление о патенте последовало после выпуска нескольких черновиков, и было зарегистрировано в Лос-Аламосе в ноябре 1945 года: оно содержало первые соображения о возможном устройстве, использующем бустинг. В июне 1947 года было рекомендовано включение в программу испытаний эксперимента по подтверждению параметров термоядерной реакции при введении необходимого материала внутрь полости стандартного ядерного заряда.

Очевидно, что идея бустинга является ближайшей родственницей идеи слоеного ядерного заряда с термоядерным усилением. Так, например, в Великобритании оба типа таких зарядов назывались бустированными ядерными зарядами, только в одном случае зарядами с бустированием ядра, а в другом случае зарядами с бустированием темпера.

В течение 1948 года проводились исследования для того, чтобы определить характеристики устройства, в котором могло быть достигнуто необходимое взаимодействие между делением и синтезом. Однако непосредственное военное применение такого устройства в то время не было очевидным.

В августе 1948 года в специальных планах описывалось устройство бустера как имплозивного заряда с композитными левитирующими ДМ, внутри которых вводилась ДТ-газовая смесь. Устройство Booster представлялся привлекательной альтернативой чисто ядерному оружию и должен был способствовать достижению меньшей массы и размеров ядерных боеголовок. Кроме того, Booster должен был помочь специалистам получить экспериментальные данные по термоядерным материалам, что было важно для развития исследований термоядерного оружия. Полномасштабное испытание такой системы было запланировано на 1951 год в серии, позднее названной Greenhouse.

Одной из проблем 1949 года была диффузия ДТ-газа, находящегося под высоким давлением, через ядро ДМ. Для минимизации потерь газа в Лос-Аламосской лаборатории, в конце концов, ре-

шили использовать специальный медный лайнер, который размещался внутри полости ядра, хотя это и приводило к уменьшению эффективности деления. Эта проблема хорошо понятна разработчикам бустированных зарядов в СССР.

Первый бустированный заряд был взорван в испытании Item 24 мая 1951 года. Его энерговыделение составило 45,5 кт, что превышало мощность обычного ядерного оружия этого класса, находившуюся в диапазоне 20–30 кт.

В октябре 1951 года Лос-Аламосская лаборатория отмечала, что эффективность бустинга достаточно хорошо понята и во многих случаях требует только применения специальных устройств и анализа применительно к практическим задачам. В Лос-Аламосе планировали продолжить исследования по гидродинамике термоядерного бустинга. Испытание Item и последующие испытания оказались полезными в последующие годы, позволив создать много первичных зарядов для термоядерного оружия и широкий спектр специальных центральных частей ядерных боеголовок для специализированных применений.

1 мая 1952 года в испытании Dog было продемонстрирована возможность использования Д-газа для бустирования относительно небольшого для того времени (диаметр 30 дюймов) ядерного заряда. В этом испытании было показано также увеличение общего количества нейтронов, выходящих из бустлируемого заряда. Энерговыделение взрыва составило 19 кт.

Ядерные лаборатории планировали эксперименты с бустлируемыми зарядами для того, чтобы определить степень перемешивания термоядерного и ядерного материалов, а также для того, чтобы изучить возможность использования твердого термоядерного горючего, такого как дейтерид лития вместо Д-газа для бустинга.

Бустинг позволяет избежать преждевременного взрыва и создавать ядерные заряды с более предсказуемым и воспроизводимым энерговыделением, что было особенно важно для первичных источников термоядерного оружия.

Как отмечает американский исследователь Чак Хансен, среди относительно малопонятных явлений в ядерном оружии бустирование является основным. Физические процессы настолько сложны, что трудно надежно предсказать эффект бустирования. Даже спустя 40 лет физика бустирования не полностью понятна, и ядерные оружейные лаборатории возвращаются к продолжению программ исследования термоядерных процессов в центрах сжимающихся ядер из ДМ. Эксперименты показывают, что зажигание и горение ДТ очень чувствительны к уровням температуры, плотности и перемешиванию термоядерного материала.

Ядерные оружейные специалисты никогда не в состоянии точно вычислить и предсказать эффект бустирования из первых принципов. Вместо этого они опираются на смесь теории и эмпирических знаний. Из-за ограниченности экспериментальной информации и сложной природы бустинга не существует надежных компьютерных моделей процессов бустирования. Обычно используются модели в упрощенных предположениях, обеспечивающих согласие с результатами предыдущих испытаний близких зарядов.

Бустирование ядра оказалось намного более плодотворной идеей при развитии одностадийных зарядов, чем «слоеное» бустирование, и этот вывод справедлив для ядерных программ всех ядерных государств.

1.5.2. Бустинг в Великобритании

В начале 1956 года два британских физика из Олдермастона, Кит Робертс и Брайан Тэйлор, обратились к некоторым работам, выполненным сотрудниками исследовательского отдела 1940-х годах. Они пришли к поразительному выводу – существовал высокий риск того, что британские ядерные устройства могли легко выйти из строя под действием интенсивной вспышки излучения от близкого ядерного взрыва, то есть от вражеской оборонительной ядерной ракеты, запущенной с этой целью. Из-за чувствительности к преждевременной детонации особенно уязвимы были ядерные устройства с плутониевыми зарядами. Более того, проникающее нейтронное и рентгеновское излучение от боеголовок могло разрушить или повредить делящиеся компоненты и снизить энерговыделение или даже помешать ядерной детонации. (Повреждения могли возникнуть и в электронных системах устройства, но это была уже отдельная проблема.)

Было ясно, что это имело большое значение с точки зрения как наступательных, так и оборонительных возможностей. Если бы русские узнали об этом и создали устойчивые боеголовки для баллистических ракет, в то время как у англичан их не было, то британские ядерные бомбы фактически не смогли бы больше служить средством сдерживания.

Следует отметить, что эта проблема была хорошо известна в СССР. Еще в 1944 году А.И. Алиханов сформулировал идею о возможности нейтронного облучения ядерных боеголовок нападающей стороны с тем, чтобы создать в них повышенный нейтронный фон и вызвать преждевременное инициирование цепной реакции. Это было особенно существенно в то время, когда в СССР был известен только один принципиальный тип ядерного оружия – заряды на сближение.

Этому открытию сразу же была присвоена особая степень секретности, и два ученых не могли обсуждать эту проблему даже со своими ближайшими коллегами. Исключительно секретный проект, обозначенный как «R», должен был изучить существенные процессы и определить данные, необходимые для создания ядерного оружия, устойчивого к интенсивной вспышке радиации. В течение следующих трех лет растущие вычислительные возможности Олдермастона обслуживали этот проект.

Для создания устойчивых боеголовок требовалось знание некоторых вопросов, недостаточно развитое в Олдермастоне в то время. Одной из его частей было бустирование – использование термоядерного материала в ядерной бомбе для повышения эффективности процесса деления и увеличения мощности.

Это стало в будущем очень важным преимуществом при решении задачи уменьшения уязвимости. Представлялось, что небольшое легкое бустерное устройство, если его смогут сделать, будет идеальной первой ступенью для устойчивой двухступенчатой бомбы.

В 1958 году специалисты Великобритании успешно решили задачу создания устойчивого первичного заряда для стадийных термоядерных зарядов. 22 августа 1958 года они провели испытание *Pennant*, в котором заряд бустировался твердым термоядерным топливом. Энерговыделение заряда составило 24 кт. Вслед за этим 23 сентября 1958 года они провели успешное испытание *Bugsee* (энерговыделение 25 кт), в котором заряд бустировался ДТ-газом.

Испытание *Bugsee* показало, что ученые Олдермастона добились успеха в использовании в ядерных устройствах системы газового бустирования.

1.5.3. Бустинг в СССР и создание новых ядерных зарядов

Физические основы процесса бустирования ядерных зарядов достаточно подробно описаны выше. В СССР практическое осуществление бустинга связано с 1957 годом. Первоначально, также как и в Великобритании, было проведено успешное испытание ядерного заряда, в котором бустинг осуществлялся термоядерным горючим в виде дейтерида-третида лития. После этого было проведено успешное испытание заряда с бустированием ДТ-газом. В этих испытаниях была показана как возможность, так и эффективность процесса бустирования, и их результаты послужили основой для широкого развития этой технологии в ядерной оружейной программе СССР.

В то же время не все было гладко. На пути развития ядерных зарядов встречались и трудности. Успешное испытание в конце 1957 года бустинга на основе ДТ-газа поставило важный вопрос об осуществимости в том же заряде бустинга на основе чистого дейтерия. Подобный эксперимент был проведен в начале 1958 года и показал отсутствие в этих условиях эффекта бустирования.

Одной из основных характеристик первичных источников энергии в двухстадийных зарядах является удельный выход энергии для радиационной имплозии вторичного модуля. Над решением этой фундаментальной задачи работали многие выдающиеся специалисты ВНИИЭФ и ВНИИТФ. Существенный прогресс в ее решении был достигнут в конце 60-х годов в ходе работ, которыми руководил В.Н. Михайлов. Дальнейший прогресс был связан с предложенным Р.И. Ильяевым способом увеличения этой основной характеристики до рекордной величины. Большое значение имели его исследования вопросов влияния асимметрии имплозии на особенности бустерного режима работы, на основе которых им был предложен способ исправления асимметрии, улучшения условий бустера и повышения энерговыделения первичных источников. Этот способ получил широкое распространение при разработке многих типов первичных источников, лежащих в основе ядерного арсенала России. Эти исследования потребовали создания новых физико-математических моделей

работы первичных источников на базе программ двумерной газодинамики, данных обработки большого количества специальных газодинамических экспериментов и результатов физических измерений многих натурных экспериментов на ядерных полигонах. Результаты этих работ явились важным этапом в развитии физических методов разработки ядерного оружия в нашей стране.

1.6. Период моратория 1958–1961 годов

Особый период в разработке ядерных боеприпасов был связан со временем моратория на ядерные испытания. СССР находился в моратории с 4 ноября 1958 года по 31 августа 1961 года, то есть почти три года.

1.6.1. Развитие научно-технических и конструкторских работ

К концу 1958 года были подтверждены основополагающие физические и конструкторские принципы разработки современных атомных и термоядерных зарядов. Осваивалось серийное производство компонентов ядерных зарядов и боеприпасов, более совершенные заряды в составе ядерных боеприпасов поступили на вооружение Советской Армии и Военно-морского флота. Появились первые результаты войсковой эксплуатации ЯБП. Потребовалось экстренное проведение дополнительных исследований, принятие специальных конструкторско-технологических мер по устранению проявившихся в эксплуатации отклонений в физико-механических свойствах материалов конструкции и устранения недопустимых для работоспособности зарядов механических дефектов. Мораторий на ядерные испытания позволил сместить центр тяжести расчетных, исследовательских, конструкторских и технологических работ в сторону решения инженерных текущих проблем прагматического характера.

Научное руководство КБ-11 по всем проблемам разработки ядерных зарядов и боеприпасов в это время осуществлялось Ю.Б. Харитоном, административное – директором Б.Г. Музруковым.

Теоретическими подразделениями руководили А.Д. Сахаров и Я.Б. Зельдович, сектор экспериментальной физики возглавлял В.А. Давиденко, газодинамический сектор – Н.А. Казаченко, технологический – Н.А. Петров.

Конструкторские подразделения были объединены в два тематических КБ:

- КБ-1 – по разработке ядерных зарядов, возглавляемое главным конструктором Е.А. Негиным и его первым заместителем Д.А. Фишманом;
- КБ-2 – по разработке ядерных боеприпасов и систем автоматики, обеспечивающих подрыв ядерных зарядов, возглавляемое главным конструктором С.Г. Кочарянцем и его первым заместителем Ю.В. Мирохиным.

Улучшение эксплуатационных характеристик зарядов являлось одной из первоочередных задач разработчиков. Программа совершенствования эксплуатационных характеристик зарядов превратилась по существу в долгосрочную комплексную целевую программу, разделяющуюся на ряд отдельных направлений:

- исследования по повышению физико-механических характеристик ВВ и применение новых взрывчатых веществ;
- разработку и внедрение новых безопасных электродетонаторов;
- исследования по обеспечению возможности длительной эксплуатации плутониевых деталей в составе зарядов;
- совершенствование возможностей отработки зарядов в условиях летно-конструкторских испытаний;
- совершенствование конструкторских элементов, обеспечивавших «бустерный» режим работы зарядов.

Вместе с тем в этот период времени стали широко обсуждаться вопросы расширения тематики работ ядерных центров СССР, в первую очередь за счет развития исследований ядерных взрывных технологий в мирных целях и развития фундаментальных научных работ. Следует отметить, что вскоре после этого в СССР действительно начала энергично развиваться деятельность по ис-

пользованию ядерных взрывов в мирных целях. Еще одно направление работ, которое развивалось в период первого моратория, было связано с проведением гидроядерных экспериментов.

Эти вопросы обсуждались в коллективах специалистов, на научно-технических советах, и эти дискуссии энергично поддерживались руководством, в КБ-11 – Ю.Б. Харитоновым и Б.Г. Музруковым. Результаты обсуждений приводили к конкретным предложениям, многие из которых были в то время закрытыми и остаются такими до сих пор. Для иллюстрации специфики ситуации в период первого моратория и некоторых видов предложений по развитию работ приведем открытые выдержки из письма руководителей КБ-11 Министру среднего машиностроения Е.П. Славскому в начале 1961 года.

1.6.2. Предложения по расширению тематики работ ядерных центров

В своем письме Е.П. Славскому Ю.Б. Харитон и Б.Г. Музруков сделали следующие предложения.

«О целесообразности разработки вопросов мирного применения ядерных взрывов.»

В настоящее время вопросы мирного применения термоядерной энергии разрабатываются в СССР в основном по пути попыток овладения управляемыми термоядерными реакциями. Считая эту задачу, поставленную в 1950 году Сахаровым и Таммом, весьма важной, мы считаем необходимым отметить, что некоторые практические достижения, возможно, могли бы быть получены посредством использования термоядерных взрывов раньше, чем путем овладения управляемой термоядерной реакцией. Представляется вероятным использование энергии термоядерных взрывов, в первую очередь, для генерации электрической энергии и для быстрого размножения плутония. Первые предложения (использование подземных взрывов) были сделаны бывшими сотрудниками КБ-11 Флеровым и Франк-Каменецким около 10 лет назад. В последние годы другая схема предложена Бабаевым Ю.Н. и Трутневым Ю.А.

Простейшим примером агрегата для использования энергии термоядерных взрывов является большой вырытый в землю толстостенный, охлаждаемый водой, отдельный котел весом порядка миллиона тонн. Котел заполнен гелием или неоном под давлением около 100 атм. В котле, например, один раз в час производится взрыв небольшой специально сконструированной водородной бомбы мощностью около 20 килотонн. Тепло разогретого газа и продуктов взрыва используется для питания сверхмощной электростанции, производящей приблизительно 70 миллиардов мегаватт-часов, то есть около четверти того, что сегодня производит СССР. В системе за год получится в несколько раз больше плутония, чем израсходовано при взрывах. В первую очередь, необходимо рассмотреть возможные пути выделения этого плутония.

Представленные КБ предложения пока не получили развития. В США работам такого рода уделяется значительное внимание. Нам представляется целесообразным создание специализированной организации, задачей которой была бы разработка разнообразных вопросов мирного использования энергии ядерных и термоядерных взрывов в отличие от существующих организаций, работающих над мирными применениями регулируемых ядерных и термоядерных реакций.

Мы полагаем, что такую организацию мог бы возглавить академик Александров А.П. или академик Константинов Б.П. Может быть, следует переключить на эту работу весь ЛФТИ АН СССР.

[...]

Вопросы дальнейшего развития науки в КБ-11

Разработка ядерного оружия требует применения многих отраслей теоретической и экспериментальной физики. Прогресс в области ядерного оружия немыслим без высокого научного уровня в области ядерной и теоретической физики, физики высоких давлений, машинной математики и теории взрывчатых веществ.

Поэтому центры разработки оружия являются в действительности не конструкторскими бюро, а физическими научно-исследовательскими институтами широкого профиля с сильной конструкторской и производственной базой.

Проведенные в конструкторских бюро МСМ исследования сжатия различных веществ давлениями до 5 млн. атмосфер опубликованы в открытой печати и получили мировое признание как лучшие рекордные работы в этой области. В неопубликованных работах достигнуты давления до 20 млн. [атмосфер], а методом НЦР исследовано сжатие до 100–200 млн. атмосфер. На высоком научном уровне ведутся работы по газодинамике и взрывчатым веществам, проводятся обстоятельные исследования по физике деления атомных ядер и нейтронной физике; в конструкторских бюро имеется хорошее ядерно-

физическое оборудование, 4 быстродействующие электронные счетные машины, которых в настоящее время уже не хватает.

Сочетание изобретательно-конструкторской и научно-исследовательской работы является необходимостью. В американских центрах (в Лос-Аламосе и Ливерморе) объем и широта научно-исследовательских работ еще значительно больше, чем в КБ-11 и НИИ-1011. Заметим, что решение большинства технологических задач и привязки изделий к носителям в США передано другим организациям (фирма Сандия) и не обременяет основные центры идейной разработки оружия.

С масштабами развития научно-исследовательской работы тесно связан вопрос о высококвалифицированных и средних кадрах научных работников в наших организациях.

Привлечение высококвалифицированных научных работников в КБ-11 и НИИ-1011 для проведения консультаций, для чтения лекций и докладов, для участия в конференциях по различным не-секретным вопросам физики и математики наталкивается на их прямое нежелание приезжать на объекты МСМ, что связано с серьезными для их научной деятельности последствиями в силу существующих у нас режимных ограничений.

Научный работник, посетивший КБ-11, на несколько лет по существу лишается права общения с зарубежными учениями и права выезда за границу для участия в международных научных съездах, конференциях и т.д. Это хорошо известно ученым. Обмен информацией (поездки за границу для личных встреч и дискуссий, участие в работах съездов и конференций) действительно важен для ученых и дает им большую творческую зарядку для дальнейших исследований.

По этой причине мы почти лишены сейчас возможности получить для постоянной работы или даже консультаций в режимных КБ и НИИ нужных нам крупных ученых из какой-либо отрасли науки. Так, например, получение высококвалифицированного консультанта по теоретической ядерной физике даже при помощи покойного товарища Курчатова потребовало около четырех лет уговоров различных возможных кандидатов. Мы испытываем также серьезные трудности в привлечении наиболее талантливых молодых специалистов или оканчивающих аспирантуру молодых ученых для постоянной работы на оружейных объектах. Это относится, в первую очередь, к физикам-теоретикам, физикам-экспериментаторам и математикам, которые всеми силами стремятся работать в Дубне, крупных академических институтах или университетах, потому что в этих условиях не затруднено их общение с крупными учеными, работающими в любой смежной области науки, и тем самым обеспечены наилучшие условия для дальнейшего творческого роста молодых ученых. Для наших научных работников этот путь по существу исключен, что, естественно, замедляет их общенаучный рост. Кроме того, научным работникам оружейных объектов по существу запрещено также участие в международных конференциях, проводимых в СССР.

Трудности в привлечении научной молодежи, несомненно, наносят урон научному будущему наших организаций.

С целью развития нужных нам не-секретных научных направлений мы считаем целесообразным установить такое положение, чтобы приезжающие к нам или работающие у нас по не-секретным вопросам ученые находились в том же положении в смысле их заграничных поездок, в котором находятся сотрудники Института атомной энергии АН СССР и аналогичных институтов. Эти ученые никак не должны быть связаны с работами по оружию и не должны получать никакой информации по оружию. Ученые, не имеющие отношения к развитию оружия, узнают адреса двух оружейных КБ и НИИ. По нашему мнению, за 15 лет существования КБ-11 его местоположение, как объекта, ведущего работы в области атомного оружия, стало достаточно известно, и с этой точки зрения предлагаемое мероприятие не нанесет ущерба вопросам государственной безопасности.

Мы считаем также важным разрешить посещение постоянным работникам КБ-11 и НИИ-1011 физических и математических международных съездов, конференций и т.д., проводимых в СССР. При существующем положении в Киевской международной конференции по элементарным частицам было разрешено участвовать только академикам Зельдовичу и Сахарову.

Проведение этих мероприятий, по нашему мнению, поможет существенно улучшить развитие научной работы в КБ-11 и НИИ-1011, будет содействовать повышению научной квалификации наших ученых, поможет привлечь на постоянную работу к нам отдельных крупных ученых и особенно талантливую научную молодежь».

1.6.3. Гидроядерные исследования

Еще одно направление работ, которое развивалось в период первого моратория, было связано с проведением гидроядерных экспериментов.

Под гидроядерными экспериментами обычно понимают эксперименты с макетами ядерных взрывных устройств, в которых масса делящихся материалов уменьшается до такого уровня, что количество делений, происходящих в процессе развития цепной реакции дает ядерное энерговыделение существенно меньшее, чем энерговыделение взрыва химических ВВ, осуществляющих имплозию. При этом в ходе такой «ограниченной» цепной реакции образуется достаточное для средств диагностики количество нейтронов, сопровождающих процесс деления.

Гидроядерные эксперименты, как метод вспомогательных исследований проводили как США и Великобритания, так и СССР. Гидроядерные эксперименты Великобритании, известные как Vixens B, проводились в Австралии в 1960–1963 годы. Одной из задач этих экспериментов было исследование аварийной ядерной взрывобезопасности ядерных зарядов.

В свою очередь США активно использовали гидроядерные эксперименты. В период моратория 1958–1961 годов Лос-Аламосская лаборатория провела 35 гидроядерных экспериментов, направленных в основном на исследования ядерной взрывобезопасности. Вместе с тем ряд этих экспериментов был направлен на исследования с целью улучшения уравнений состояния делящихся материалов. Известно также, что, по крайней мере, один из этих экспериментов был направлен на разработку не бустированного ядерного заряда и дал энерговыделение около 20 кг ТЭ. Считается, что это был тактический заряд Mk-54 малой мощности (энерговыделение 10–20 тонн ТЭ), предназначенный для оснащения системы Davy Crockett, небольшого пехотного реактивного снаряда.

Известно, что небольшое количество гидроядерных экспериментов проводила и Ливерморская лаборатория.

К основным задачам, которые могли решаться в гидроядерных экспериментах, в США относили:

- исследования безопасности новых или существующих ядерных зарядов;
- оценку надежности существующих ядерных зарядов;
- развитие или модернизацию чисто ядерных зарядов.

Обсуждались различные способы перевода ядерных зарядов в устройства для гидроядерных экспериментов:

- уменьшение количества делящихся материалов и замена в ядерных материалах делящихся изотопов на неделящиеся (в частности, U-238 и Pu-242);
- для бустированных систем с полостью внутри делящихся материалов – заполнение полости газом, поглощающим нейтроны;
- для бустированных систем с полостью внутри делящихся материалов – заполнение полости газом высокой плотности или крошечными металлическими шариками;
- уменьшение сжатия делящихся материалов за счет уменьшения действия химических ВВ.

СССР провел свои первые гидроядерные эксперименты в марте 1958 года на Семипалатинском испытательном полигоне. В одном из типовых ядерных зарядов композитный делящийся материал заменялся на уран с различными количествами оружейного урана. В трех экспериментах была получена зависимость нейтронного выхода от количества оружейного урана. Эти эксперименты были направлены на изучение уравнения состояния урана. Интересно, что в отличие от последующих гидроядерных экспериментов, эти эксперименты производились способом сбрасывания изделий с самолета. Один из этих экспериментов закончился ядерным взрывом небольшой мощности и был отнесен к категории ядерных испытаний.

В течение 1960 года на территории Семипалатинского полигона было проведено две серии гидроядерных экспериментов. В первой серии из шести экспериментов с использованием одного из типовых ядерных зарядов вместо композитного делящегося материала использовался уран с различным количеством оружейного урана. В этих опытах изучалась стабильность работы зарядов и влияние возмущений на параметры их работы.

После этого была проведена вторая серия из шести гидроядерных экспериментов, в которых в качестве делящегося материала использовался плутоний. Целью этих экспериментов была проверка эффективности схемы ядерного заряда и получение экспериментальных данных о сжимаемости плутония в области достаточно высоких сжатий.

В 1961 году эти исследования были продолжены и на Семипалатинском полигоне было проведено еще 13 гидроядерных экспериментов (восемь экспериментов с использованием оружейного урана и пять экспериментов с использованием плутония).

Следует отметить, что помимо решения своих основных задач, эти эксперименты предоставили важную информацию о диспергировании делящихся материалов при подрыве ядерных зарядов и вызванном этим радиоактивным загрязнении местности. Полученные в ходе этих и последующих экспериментов данные послужили основой для оценок различных типов аварийных ситуаций с диспергированием делящихся материалов при взрыве ВВ. В дальнейшем гидроядерные эксперименты систематически проводились в СССР.

1.7. Обеспечение ядерной взрывобезопасности ядерного оружия

1.7.1. Проблема ядерной взрывобезопасности

В состав основных компонентов ядерного боеприпаса (ЯБП) входят взрывчатые вещества (ВВ), делящиеся материалы (ДМ), радиоактивные вещества (РВ), а также токсичные материалы и химически активные соединения. Совокупность этих компонентов в одной конструкции определяет потенциальную опасность ЯБП, которая может возникнуть при аварийных воздействиях на ЯБП (аварийное воздействие – событие, вызванное попаданием в аварийную ситуацию, которая приводит или может привести к аварии).

Не все аварии с ЯБП приводят к последствиям, связанным с диспергированием плутония. Прямые данные говорят, что в условиях обращения с ЯЗ и ЯБП, принятых в нашей практике, вероятность радиационной аварии весьма мала, поскольку такой аварии фактически не было для среднего количества 30000 ЯБП и ЯЗ в течение 30 лет. Поэтому эти аварии классифицируются как гипотетические.

Согласно нормативным документам, ситуация, связанная с воздействием радиационных факторов на персонал, население, окружающую среду с превышением установленных допустимых уровней, классифицируется как радиационная авария.

Ядерная авария – разновидность радиационной аварии, связанная с несанкционированным развитием цепной реакции деления ядер.

Отметим, что ядерная авария может развиваться только в условиях процессов, происходящих в ЯЗ, которые приводят к радиационной аварии с диспергированием ДМ. Таким образом, класс ядерных аварий по условиям возможности своего возникновения составляет подобласть в классе радиационных аварий с диспергированием ДМ.

Установленные стандарты определяют вероятность реализации ядерной аварии в условиях, эквивалентных одноточечному подрыву ВВ на уровне, близком к принятому в США.

Первоначально безопасность ядерного оружия обеспечивалось отдельным хранением делящихся материалов и остальной части ядерного заряда, включая ВВ. В таких условиях аварийный взрыв, хотя и мог приводить к негативным последствиям (разрушениям, пожарам и т.д.), он не был связан с радиационными или ядерными авариями.

Одним из следующих решений обеспечения ядерной взрывобезопасности было использование специальных механических способов. Известно, что в ядерных зарядах США с большим количеством делящихся материалов в полость левитирующей системы вводились (с возможностью их обратного извлечения) элементы из инертных материалов. Аналогичные возможности рассматривались и в ядерных разработках Великобритании. В этом случае взрыв ВВ мог приводить к радиационной аварии, но ядерная авария могла быть исключена. Недостатком обоих способов являлось усложнение эксплуатации боеприпасов и уменьшение уровня их боеготовности.

Радикальным способом, повысившим степень ядерной взрывобезопасности стал переход на внешний источник нейтронного инициирования, который привел к уменьшению вероятности возникновения ядерного взрыва в условиях аварии на несколько порядков.

Один из основных вопросов безопасности ядерного оружия связан с поведением ядерного боеприпаса в условиях случайного, нецеленаправленного подрыва взрывчатого вещества, входящего в состав боеприпаса. Как правило, многие виды подобных возникающих ситуаций могут моделиро-

ваться работой боеприпаса при подрыве ВВ в одной точке («одноточечная безопасность»). При этом рассматриваются два круга вопросов:

- гарантии отсутствия ядерного взрыва (собственно «ядерная взрывобезопасность» ЯЗ);
- последствия аварийного взрывного нагружения блока активных материалов и их диспергирования с последующим рассеянием в окружающей среде (радиационная взрывобезопасность).

Аварийная ядерная взрывобезопасность для каждого ЯЗ характеризуется вероятностным распределением, определяющим, с какой вероятностью при одноточечном подрыве ВВ ядерное энерговыделение взрыва превысит соответствующий уровень.

Эта величина в существенной степени определяется двумя характеристиками: параметрами источника нейтронов в среде делящихся материалов и параметрами надкритичности блока делящихся материалов при его аварийном взрывном нагружении.

Качественно понятно, что в отсутствии источника нейтронов надкритичная система будет пребывать в потенциально взрывном состоянии, но не взорвется, поскольку отсутствует возможность инициирования процесса цепной реакции (при этом необходимо помнить, что естественный нейтронный источник, связанный с природным нейтронным фоном, процессом спонтанного деления радионуклидов и т.д., существует всегда). С другой стороны, действие типичных нейтронных источников на подкритичную систему не приводит к ядерному взрыву.

1.7.2. Исследования проблемы ядерной взрывобезопасности

Экспериментальному и расчетно-теоретическому исследованию ЯВБ в СССР, а затем в России традиционно уделялось большое внимание.

По существу задача ЯВБ сводится к определению сжатия активных материалов ядерного заряда при аварийном взрыве ВВ, вероятности возникновения обрывающихся процессов цепной реакции деления и эволюции нейтронного поля в ядерном заряде. Обычно рассматривается наихудший случай, при котором реализуется максимальное сжатие, точнее, максимальное число поколений в надкритической системе $\Lambda = \int \lambda \cdot dt$, где λ – «постоянная» размножения числа нейтронов

N в системе, определяемая соотношением $\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$.

Конечный результат расчетов и оценок – определение количества ядерной энергии, и вероятности, с которой эта энергия может выделяться в результате аварийного подрыва. Уже с начала 50-х годов были развернуты лабораторные взрывные (гидродинамические) исследования уравнений состояния делящихся материалов в области сжатий, реализующихся при взрыве ВВ. Имеется большое количество обзорных работ с богатым фактологическим материалом, излагающих методики получения экспериментальной информации по термодинамическим свойствам веществ при высоких давлениях, развиваемых в мощных ударных волнах. В открытой печати, естественно, отсутствуют сведения по уравнению состояния плутония. Вместе с тем по урану опубликована достаточно полная информация.

Для измерений и последующей корректировки сечений взаимодействия нейтронов с делящимися материалами проводились многочисленные ядерно-физические опыты в стационарной геометрии для модельных систем, имитирующих ядерный заряд. Результаты экспериментальных исследований российских и американских ученых по критическим сборкам широко известны.

На основе библиотек элементарных сечений взаимодействия нейтронов с ядрами конструкционных материалов и экспериментальных результатов по критическим сборкам для расчетов эволюции нейтронных полей в ядерных зарядах в программы расчетов были введены элементарные и групповые (по энергиям нейтронов) сечения взаимодействия нейтронов.

Широко проводились лабораторные взрывные исследования сжатия делящихся материалов активной зоны ядерного заряда в аварийных условиях «нштатного» инициирования ВВ. Исследования проводились на внутренних взрывных испытательных площадках с использованием макетов ЯЗ. Инициирование ВВ имитировало характерную аварийную ситуацию с лидирующим возникновением одного очага развития детонации (одноточечная безопасность).

В ходе исследований вопросов ядерной взрывобезопасности расчетно исследовалось поведение различных ЯЗ при одновременном и разновременном инициировании детонации различных частей поверхности ВВ. Подобные исследования включали расчеты с дискретным инициированием детонации в двух, четырех и большем количестве точек, а также виды инициирования детонации в непрерывном режиме, например, по кольцу.

Исследовались более сложные случаи возникновения и развития детонации (возникновение очага реакции в глубине заряда ВВ, замедленное развитие реакции и т.п.).

Основным инструментом для исследования сжатия имитаторов делящихся материалов во времени служило импульсное рентгенографирование. В качестве источника рентгеновского излучения использовались импульсные бетатроны с максимальной энергией γ -квантов в пучке около 70 МэВ и просвечивающей способностью в 200 мм свинца в одном метре от мишени бетатрона. Бетатрон может работать как в моноимпульсном, так и в мультиимпульсном режиме. Последнее обстоятельство позволяет в одном эксперименте получать несколько снимков объекта, а при использовании двух бетатронов со скрещивающимися пучками – получать «стерео снимки» объектов.

При исследовании влияния более сложных режимов взрывчатого превращения, имитирующих возможные аварийные ситуации, использовались также многоканальные электрические и другие методы диагностики.

В процессе полигонной отработки ядерных зарядов проводились опыты по экспериментальному подтверждению ЯВБ.

Для выбора редакции натурных экспериментов по определению ядерной взрывобезопасности конкретных ЯЗ важным являлся вопрос о выборе способа обеспечения детонации ВВ. Как правило, этот выбор определялся на основе системы физико-математического моделирования и лабораторных экспериментов по исследованию сжатия в условиях различных возможностей инициирования детонации ВВ, соответствующих аварийным ситуациям. На основании этой работы определялись наиболее опасные точки (зоны) для инициирования ВВ, и в натурном эксперименте подрыв ВВ технически осуществлялся в этом месте.

В условиях реальной аварийной ситуации нейтронное инициирование ЯЗ, как правило, определяется собственным нейтронным фоном делящихся материалов, входящих в состав ЯЗ. Величина этого нейтронного фона такова, что вероятность инициирования цепной реакции намного меньше единицы, и проведение эксперимента с таким естественным аварийным нейтронным инициированием мало информативно. Поэтому в натурных экспериментах по определению ядерной взрывобезопасности использовались специальные системы нейтронного инициирования, надежно гарантирующие возникновение процесса цепной реакции, хотя в реальных аварийных ситуациях такие системы нейтронного инициирования отсутствуют.

В опытах регистрировались нейтронное и гамма-излучения с поверхности заряда во времени, измерялись «постоянная» размножения нейтронов $\lambda(t)$ и число набранных поколений $\Lambda = \int \lambda \cdot dt$.

Естественно, постановка опытов предусматривала реализацию только ядерных реакций деления.

Методологические подходы к редакции подобных экспериментов состояли в том, что:

- основой обеспечения ядерной взрывобезопасности ЯО является обеспечение ядерной взрывобезопасности ЯЗ и ЯБП в условиях аварийных ситуаций, обусловленных случайными факторами и стихийными бедствиями;

- представительным способом моделирования поведения ЯЗ в таких условиях является инициирование его ВВ в одной точке с обеспечением тех или иных режимов детонации взрывчатки;
- для исследования процесса протекания цепной реакции в эксперименте необходимо использование специальных систем нейтронного инициирования, гарантирующих получение экспериментальной информации;
- вероятность инициирования цепной реакции в аварийной ситуации в существенной степени определяется характеристиками нейтронного поля в ЯЗ, соответствующими условиям аварии.

1.7.3. Сравнение программ полигонных испытаний СССР и США по исследованию вопросов ядерной взрывобезопасности

В 1956 году вопрос о ядерной взрывобезопасности созданных ядерных зарядов встал достаточно остро. В 1957 году Я.Б. Зельдович и А.Д. Сахаров отмечали, что в условиях аварийного подрыва ВВ многих ядерных зарядов в случае возникновения цепной реакции может быть реализовано значительное ядерное энерговыделение. Они отмечали, что это энерговыделение будет конечно существенно меньше номинальной мощности, но может достигать десятков и даже сотен тонн ТЭ. В рамках экспериментального исследования этой проблемы 26 августа 1957 года было проведено испытание мощного тактического ядерного заряда с подрывом ВВ в одной точке, имитирующим аварийную ситуацию. В качестве источника нейтронов в заряде использовался НИ. Энерговыделение взрыва составило 95 тонн ТЭ, что подтвердило справедливость заключения, сделанного ранее руководителями КБ-11. Этот эксперимент явился началом масштабных исследований проблемы ядерной взрывобезопасности и методов его обеспечения в ядерном арсенале СССР.

Хотя первый эксперимент по исследованию «одноточечной безопасности» ЯЗ был проведен в СССР 26 августа 1957 года, по существу программа ядерных испытаний СССР в интересах безопасности начала реализовываться с 1961 года. Всего в период атмосферных испытаний в СССР было проведено 11 экспериментов подобного типа. После перехода на подземные ядерные испытания было проведено еще 14 специальных ядерных испытаний в этих целях, а также дополнительно 17 экспериментов в составе групповых ядерных взрывов. Таким образом, полное количество ядерных испытаний (индивидуальных и в составе групповых взрывов) в интересах исследования безопасности ЯЗ составляет 42. Ниже приведено распределение таких ядерных взрывов по времени. Для сравнения здесь же приведено распределение ядерных взрывов США, проводившихся в подобных целях, полное число которых превышает количество ядерных взрывов СССР в интересах безопасности более чем в два раза и составляет 88. Программа ядерных испытаний США в интересах безопасности была начата на два года раньше опытом 1 ноября 1955 года.

Отметим, что если до августа 1963 года количество ядерных взрывов США в интересах безопасности превышало аналогичное количество взрывов СССР в 3,36 раза, то в период после августа 1963 года эта разница составляет уже 1,65 раза.

Таблица 3.1. Распределение ядерных взрывов СССР и США в интересах безопасности по годам

Год	1955	1956	1957	1958	1961	1962	1963	1963
СССР	–	–	1	–	4	6	–	–
США	3	1	8	21	–	1	3	1
Год	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
СССР	–	–	–	–	1	1	1	–
США	2	–	4	3	4	7	5	3
Год	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
СССР	2	1	1	–	1	1	4	3
США	2	1	1	2	–	–	1	–
Год	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
СССР	1	3	–	2	–	2	–	2
США	–	–	–	1	–	–	–	1
Год	1988	1989	1990	1991	1992	Σ	Σ^1	Σ^2
СССР	4	–	1	–	–	42	11	31
США	3	5	2	1	2	88	37	51

Примечание. В таблице 1963 год разбит на две части (до и после августа 1963 года), разделенные вступлением в силу Договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах. В таблице приведены также: Σ – полное число ядерных взрывов в интересах безопасности; Σ^1 – полное число ядерных взрывов в интересах безопасности до августа 1963 года; Σ^2 – полное число ядерных взрывов в интересах безопасности с августа 1963 года.

Максимальное количество ядерных взрывов в интересах безопасности в Советском Союзе было проведено в 1962 году (6 взрывов), в то время как Соединенные Штаты провели в этих целях 21 испытание в 1958 году. В период проведения подземных испытаний максимальное количество ядерных взрывов СССР в этих целях было проведено в 1978 и 1988 годах (четыре взрыва), в то время как США провели 7 подземных взрывов в 1969 году. Можно отметить также значительную неравномерность в реализации программ ядерных испытаний в интересах безопасности. У СССР был перерыв в этих работах в 1963–1967 годах, у США – в 1976–1986 годах (за исключением двух опытов в 1978 и 1983 годах). Можно отметить определенный рост испытательных работ в этих целях у обеих стран, начиная с 1987 года.

Представляет интерес сравнить условия проведения ядерных испытаний в интересах безопасности.

Таблица 3.2. Распределение ядерных взрывов в интересах безопасности по условиям проведения (для полного числа и для числа испытаний до августа 1963 года)

Период		Атмосферные		Подземные		Всего
		воздушный	наземный	штольня	скважина	
с 1955 по 1992 год	СССР	1	10	31	–	42
	США	1	17	6	64	88
До августа 1963 года	СССР	1	10	0	0	11
	США	1	17	6	13	37

Примечание. В число наземных взрывов США включен один надводный взрыв.

Следует отметить, что если все ядерные взрывы СССР в интересах безопасности до августа 1963 года проводились в атмосфере, то около половины ядерных взрывов США в этих целях в этот период проводились под землей. Типичным видом атмосферных испытаний в обеих странах был наземный взрыв. СССР проводил все подземные испытания в интересах безопасности в штольнях, а США (после августа 1963 года) – в скважинах.

Из 42 ядерных взрывов СССР в интересах безопасности 37 взрывов (в том числе все 11 взрывов в период атмосферных испытаний) были проведены на Семипалатинском испытательном полигоне, а 5 взрывов – на Северном испытательном полигоне Новая Земля.

В США из 88 ядерных взрывов в интересах безопасности 86 взрывов было проведено на территории Невадского испытательного полигона, один взрыв – на территории полигона атолла Эниветак, один взрыв – на территории полигона базы BBC Nellis.

В ходе ядерных испытаний по безопасности ЯЗ реализовались различные уровни энерговыделения.

Максимальное ядерное энерговыделение в опытах по безопасности ЯЗ было реализовано в эксперименте 9 сентября 1961 года. Это значение близко к максимальному уровню энерговыделения, реализованному в ядерных испытаниях по безопасности ЯЗ США в период атмосферных испытаний.

Таблица 3.3. Даты и энерговыделение ядерных испытаний по безопасности, проведенных в СССР в период атмосферных испытаний

	Дата	Энерговыделение, кт	Условия проведения
1	26.08.57	0,1	воздушный (авиабомба)
2	09.09.61	0,38	наземный (поверхность)
3	18.09.61	0,004	наземный (поверхность)
4	19.09.61	0,03	наземный (поверхность)
5	03.11.61	< 0,001	наземный (поверхность)
6	22.09.62	0,21	наземный (поверхность)
7	24.11.62	< 0,001	наземный (поверхность)
8	26.11.62	0,031	наземный (поверхность)
9	23.12.62	< 0,001	наземный (поверхность)
10	24.12.62	0,007	наземный (поверхность)
11	24.12.62	0,028	наземный (поверхность)

1.7.4. Некоторые результаты работ по созданию моделей аварий

Предприятиями Минсредмаша совместно с Минобороны проводились работы по изучению аварий и нештатных ситуаций с ЯБП как автономно, так и в составе носителей и комплексов ядерного оружия. Целью исследований являлась выработка мер конструктивного и организационного характера по предупреждению и ликвидации последствий аварий с ЯБП. Одним из направлений этих работ был сбор и анализ данных по уровню и интенсивности аварийных воздействий на ЯБП в аварийных ситуациях, определение среднестатистических и предельных нагрузок на ЯБП от аварийных воздействий.

Результатами указанных работ, их завершающими этапами являются, во-первых, создание банка данных об авариях и, во-вторых, разработка физических и математических моделей возможных аварий.

В частности, были разработаны модели осколочно-пулевых воздействий, модели пожаров (в зданиях, на кораблях, транспортных средствах), модели механических воздействий (удары, падения), модели глубоководного затопления.

На основе разработанных моделей аварий были созданы методики испытаний ЯБП на аварийные воздействия, которые позволяют получить экспериментальное подтверждение расчетных оценок поведения конструкции ЯБП и радиационной обстановки на местности в случае диспергирования делящихся материалов.

В 1960–1963 годах на территории Семипалатинского испытательного полигона МО СССР была реализована программа гидроядерных экспериментов. В этих опытах, в частности, проводилось изучение выпадения α -активности радионуклидов на поверхность грунта, определяемой ключевыми ядерными материалами, входящими в состав ЯЗ. Эксперименты проводились для макетов ЯЗ на основе плутония и на основе урана-235.

Опыты проводились в условиях различных редакций наземных взрывов. Направление скорости ветра изменялось практически во всем угле от 0 до 360°, а средняя скорость ветра варьировала от 2 до 15 м/сек. Фактические значения направления и скорости ветра определялись по данным прямых измерений, которые проводились в пункте, находившемся на расстоянии $R = 2$ км от испытательной площадки.

Таблица 3.4. Распределение гидроядерных экспериментов по годам

Тип	1960	1961	1963	Всего
На основе плутония	6	5	13	24
На основе урана-235	6	8	0	14

Следует отметить, что результаты прямых измерений α -активности на оси следа облака имеют для отдельных экспериментов достаточно сложный нерегулярный характер. Вместе с тем, на основе большой совокупности опытов может быть получено эмпирическое эффективное среднее распределение выпадения активности. На основании опытных данных было получено также количество активности, выпавшей на заданном расстоянии от центра взрыва в направлении, перпендикулярном оси следа. Закон выпадения активности в этом направлении аппроксимировался распределением Гаусса $\exp(-\Delta y^2/2\sigma^2)$, в котором σ есть функция расстояния по оси следа до центра взрыва.

Результаты этих измерений представляют прямой интерес для оценок средних характеристик радиационной аварии ядерного боеприпаса с диспергированием плутония в условиях отсутствия ядерного взрыва. На их основе сделаны также заключения о возможных вариациях уровня выпадения активности по сравнению с характеристиками типичной средней аварии.

В период атмосферных ядерных испытаний в 1961–1962 годах на территории Семипалатинского испытательного полигона был проведен также ряд наземных ядерных испытаний с небольшим ядерным энерговыделением (уровень от нескольких тонн до нескольких сот тонн). В некоторых из этих опытов непосредственно после взрыва проводились измерения величины интенсивности γ -дозы, по которой могут быть восстановлены характеристики распределения выпадения активности продуктов деления. В предположении отсутствия фракционирования выпадения активности плутония и активности продуктов деления данные этих измерений также могут служить эмпирической основой для прогнозирования характерных последствий радиационных аварий с ядерными боеприпасами.

1.8. Исследования поражающих факторов ядерных взрывов

1.8.1. Общие характеристики поражающих факторов ядерных взрывов

Создание ядерного оружия и специфика физических процессов, протекающих при ядерном (термоядерном) взрыве, определили особый характер поражающих факторов, сопровождающих его применение. Этот особый характер обусловлен качественно более высокой концентрацией энергии взрыва по сравнению с традиционными видами оружия (до 10^6 раз на единицу массы), существенно более высокой скоростью взрывного процесса (до $10^3 - 10^4$ раз), наличием проникающего излучения взрыва (в том числе гамма и нейтронного излучения, сопровождающего взрыв), наработкой

значительного количества высокоактивных, достаточно долгоживущих радионуклидов, выпадение которых может определять большие зоны территории со значительным радиационным фоном.

Высокая массовая и объемная концентрация энергии взрыва при малых временах ее выделения определяют соотношение распределения энергии взрыва между кинетической и внутренней энергией продуктов взрыва боеприпаса с одной стороны и энергией первичного излучения, выходящего из боеприпаса. При взаимодействии этих видов энергии с атмосферой, окружающей заряд, в ней формируется зона, прогретая до температуры в несколько тысяч градусов («огненный шар»), излучающий заметную долю энергии взрыва в диапазоне спектральной прозрачности атмосферы («тепловое» излучение взрыва), которое является одним из основных поражающих факторов ядерного взрыва в атмосфере (воздушный, наземный, надводный взрывы). Одной из основных характеристик теплового излучения, как ПФЯВ, является распределение потока этой энергии на различных расстояниях, а также параметры его длительности.

Резкий перепад концентрации энергии, созданный взрывом, в слоях атмосферы, окружающей заряд, определяет перенос значительной части энергии взрыва в атмосфере в виде воздушной ударной волны. Важными характеристиками этого вида ПФЯВ является распределение максимально избыточного давления на фронте ударной волны на различных расстояниях от центра взрыва, а также импульса давления, создаваемого взрывом. Взаимодействие ударной волны с поверхностью грунта (воды) приводит к изменению ее характеристик вдоль земной поверхности.

С другой стороны, взаимодействие энергии взрыва, в том числе воздушной ударной волны, с грунтом, водой приводит к формированию ударной волны, распространяющейся в грунте, воде, создающей сейсмическое воздействие. Важной характеристикой этого вида ПФЯВ является как избыточное давление на фронте ударной волны, так и создаваемое смещение элементов нагруженной среды.

В условиях подземного, подводного взрыва перенос энергии осуществляется ударной волной, которая может воздействовать на заглубленные, подводные объекты, или объекты, находящиеся на поверхности.

В верхних слоях атмосферы часть энергии первичного излучения ядерного взрыва может переноситься на значительные расстояния. К характеристикам этого вида ПФЯВ относится распределение потока энергии излучения на различных расстояниях, его спектральное распределение и параметры длительности.

Процесс деления ядер сопровождается наработкой избыточных нейтронов, которые в процессе взрыва выходят за пределы боеприпаса и распространяются в окружающих слоях атмосферы. Нарботка избыточных нейтронов идет и при горении термоядерного горючего. Этот вид ПФЯВ характеризуется распределением потока и энергии нейтронов в зависимости от расстояния до центра взрыва.

Процесс деления ядер и взаимодействие нейтронов взрыва с некоторыми материалами приводит к наработке гамма-излучения, сопровождающего взрыв боеприпаса. Этот вид ПФЯВ характеризуется распределением потока энергии гамма-квантов в зависимости от расстояния до центра взрыва, а также параметрами длительности. При взаимодействии гамма-излучения взрыва с атмосферой возникает ток комптоновских электронов, который может приводить к формированию электромагнитного импульса ядерного взрыва.

При наземном ядерном взрыве или ядерном взрыве с небольшим заглублением происходит образование воронки выброса грунта в сильной степени деформирующей поверхность в районе эпицентра. Такой взрыв сопровождается выбросом в атмосферу значительных масс грунта, в основном выпадающих обратно в районе эпицентра взрыва, и частично переносимых (легкие фракции) атмосферными потоками до своего осаждения на значительных расстояниях от эпицентра. Фракции выброшенного взрывом грунта содержат радионуклиды, наработанные в ядерном взрыве (в частности, продукты деления ядер) и определяют при своем выпадении радиоактивное загрязнение местности. Облако, содержащее продукты взрыва, представляет собой зону повышенной радиации в атмосфере; такое облако формируется и при воздушном ядерном взрыве.

При надводном (подводном) взрыве происходит выброс значительных масс воды с ее последующим обрушением и формирование различных видов волн, распространяющихся вдоль поверх-

ности. Такой взрыв также сопровождается образованием радиоактивного облака с последующим выпадением радионуклидов.

1.8.2. Военно-технические возможности ядерных арсеналов и поражающие факторы

При большом разнообразии поражающих факторов ядерного взрыва естественно разнообразие и его воздействия на различные объекты военного и гражданского назначения, военную технику, человека, элементы среды обитания.

Следует иметь в виду, что ядерное оружие рассматривалось, как оружие двойного назначения:

- оружие, направленное на поражение компонент, группировок и средств обеспечения Вооруженных Сил противника (в том числе как оружие поля боя, оружие противодействия и т.д.);
- оружие поражения военно-экономического потенциала.

В первом случае речь идет об оружии, направленном в первую очередь, для решения конкретных военно-тактических задач, а во втором случае – об оружии массового поражения, направленном на уничтожение систем жизнеобеспечения противостоящего государства (в рамках доктрины сдерживания – это гарантии ответного удара с неприемлемым для противника ущербом).

Естественно, что приоритет тех или иных задач определял выделение соответствующих поражающих факторов ядерного оружия, как основных видов воздействия, и требовал соответствующей оптимизации возможностей ядерного арсенала. Поскольку удельный вес указанных двух основных функций ядерного оружия изменялся со временем, то изменялась и относительная оценка роли тех или иных поражающих факторов и представлений о необходимой структуре ядерного арсенала.

Так, например, военное применение США ядерного оружия в 1945 году в Японии являлось демонстрацией оружия устрашения, способного в беспрецедентной для того времени степени разрушать крупные центры структуры государства.

В 1953 году ядерный потенциал США насчитывал 1169 боезарядов с совокупным мегатоннажем в 73 Мт, и, по существу, он не мог определять исход возможного крупномасштабного столкновения между СССР и США. Однако в 1957 году США уже обладали ядерным потенциалом в 5543 боезаряда с совокупным мегатоннажем в 17500 Мт. Этот потенциал был достаточен для создания на территории СССР сплошной зоны разрушений общей площадью в 1,5 миллиона квадратных километров и сплошной зоны пожаров общей площадью более 2 миллионов квадратных километров. Площадь радиоактивного загрязнения с уровнем внешнего облучения более 300 рад, спустя сутки после взрыва, могла существенно превысить 10 миллионов квадратных километров. Практически это означало потенциальную возможность превращения территории СССР в радиоактивную пустыню.

Ядерный арсенал СССР в это время был на несколько порядков меньше, и он не представлял в то время реального оружия устрашения для США как по своему объему, так и по возможностям средств доставки, и мог решать только конкретные задачи на театре военных действий или в отношении поражения ключевых объектов союзников США. Важной задачей для СССР в это время было уточнение возможных последствий массированного ядерного удара США по территории СССР, что требовало проведения конкретных исследований в ядерных испытаниях.

В это же время возникла задача по изучению возможностей, предоставляемых ядерным оружием в средствах противодействия, то есть исследования в интересах ядерной ПВО (позднее, ядерной ПРО), противокорабельных и противолодочных систем и т.д.

Очевидно, что это качественно иные задачи, чем разрушение основных элементов государства, и здесь определяющую роль могут играть иные поражающие факторы.

1.8.3. Воздействие поражающих факторов ядерного взрыва

Исследования характеристик поражающих факторов ядерного взрыва и их воздействия на различные объекты начались в ядерных испытаниях СССР с первого ядерного взрыва 1949 года. Уже в этом испытании исследовалось воздействие ударной волны и теплового излучения ядерного взрыва на различные образцы военной техники и гражданских сооружений, а также характеристики радиоактивного загрязнения территории как в районе, прилегающем к эпицентру взрыва, так и на значительных расстояниях (сотни километров) вдоль траектории движения радиоактивного облака

взрыва. Эти исследования были продолжены в двух последующих испытаниях в 1951 году (наземный и воздушный взрывы), а также в мощном наземном взрыве 12 августа 1953 года. Уже в ходе испытаний в 1949 и 1951 году был сделан фундаментальный вывод о радикальном уменьшении радиоактивного загрязнения территории, как в эпицентре взрыва, так и на следе радиоактивного облака, при переходе от наземных ядерных взрывов к воздушным. Эти эксперименты заложили фундамент представлений о характеристиках воздействия ПФЯВ.

Работы были продолжены в 1954–1955 годах. В 1955 году в двух экспериментах 6 и 22 ноября 1955 года впервые изучалось воздействие мощных воздушных взрывов на различные военные и гражданские объекты. В экспериментах исследовалось также воздействие ПФЯВ на большое количество подопытных животных (овцы). Масштабный характер имели работы, связанные с исследованием радиационного состояния территории и атмосферы.

В ядерных испытаниях этого периода исследовалось воздействие ядерного взрыва на траншеи и укрытия различного типа, блиндажи и огневые позиции разных видов, танки, артиллерийские орудия и установки, самолеты. В некоторых испытаниях исследовалось воздействие ядерного взрыва на элементы боевого оснащения и оборудования кораблей ВМФ. Это было связано с отсутствием возможности проведения таких работ в натурных условиях (полигон Новая Земля еще не был создан) и исследования проводились на суше в ядерных испытаниях на Семипалатинском полигоне.

Среди исследуемых гражданских объектов можно выделить здания промышленного типа, склады и хранилища, линии электропередач, мосты, железнодорожные пути, нефтяные вышки, элементы заводских сооружений. Широко исследовалось воздействие ядерных взрывов на жилые дома различных видов, типичных для условий СССР, и убежища для населения.

1.8.4. Войсковые учения и ядерные испытания

Следует отметить, что результаты исследования воздействия ядерного взрыва привели к выводу о возможности эффективных действий Вооруженных Сил на поле боя в условиях применения противником ядерного оружия. В этом контексте следует рассматривать и войсковые учения, проводившиеся на Тоцком полигоне МО СССР 14 сентября 1954 года, в ходе которых был произведен воздушный ядерный взрыв мощностью 40 кт. Взрыв был произведен на высоте, обеспечивающей незначительное радиоактивное загрязнение территории в эпицентре взрыва и на следе радиоактивного облака. В ходе этих учений принимало участие около 45 000 военнослужащих. Это были единственные масштабные войсковые учения в условиях натурального ядерного взрыва.

В то же время следует отметить, что подготовка и проведение атмосферных ядерных взрывов, в которых участвовали сотни специалистов ядерных полигонов и других войсковых частей, конечно, также являлась практической подготовкой военнослужащих к действиям в условиях военного ядерного конфликта. В этой связи следует особо подчеркнуть значительный практический опыт, полученный экипажами тяжелых бомбардировщиков, принимавших участие в воздушных ядерных испытаниях при сбрасывании ядерного взрывного устройства в составе авиабомбы. При этом диапазон энерговыделения производимых взрывов изменялся от масштабов килотонны до десятков мегатонн. В приобретении этого практического опыта ВВС СССР, по-видимому, существенно опередили ВВС США.

Другим примером практической подготовки экипажей самолетов ВВС в условиях, моделирующих военные действия, можно рассматривать многократные полеты самолетов радиационной разведки вдоль движения радиоактивных облаков (в том числе и внутри облака), созданных при проведении ядерных испытаний.

Отметим, что масштабные войсковые учения в ходе ядерных испытаний проводились в период атмосферных испытаний и Соединенными Штатами. Так, в ходе двух ядерных испытаний 1946 года на атолле Бикини (операция Crossroads) с мощностью взрыва 23 кт каждый участвовало 42 000 военнослужащих. Один взрыв являлся воздушным взрывом на небольшой приведенной высоте ($H = 5,6 \text{ м/кт}^{1/3}$), а второй – подводным взрывом на небольшой приведенной глубине ($h = 1 \text{ м/кт}^{1/3}$).

С 1951 по 1957 год на Невадском полигоне во время ядерных испытаний были проведены восемь этапов войсковых учений Desert Rock с участием в общей сложности не менее 55 000 военнослужащих.

Одним из известных примеров действий самолетов ВВС США по исследованию радиационной обстановки в облаках взрывов, созданных ядерными испытаниями, могут служить полеты, проводившиеся в 1956 году в ходе испытаний операции Redwing.

1.8.5. Специализированные ядерные испытания в интересах исследования ПФЯВ до 1963 года

В первых ядерных испытаниях задачи исследования ПФЯВ, их воздействия на различные объекты и задачи совершенствования ядерных боеприпасов, изучения процессов их работы, как правило, совмещались в одном и том же эксперименте. Впоследствии ряд ядерных испытаний стал проводиться специально в интересах исследования ПФЯВ и их воздействия. В период до 1963 года в СССР было проведено 17 таких испытаний.

Первым таким экспериментом является опыт 21 сентября 1955 года, представлявший собой первый подводный взрыв СССР, который открыл ядерные испытания на полигоне Новая Земля. К этой категории ядерных испытаний относятся также два остальных подводных ядерных взрыва и один надводный взрыв, проведенный на полигоне Новая Земля.

Другой комплекс работ по исследованию ПФЯВ был проведен в серии ядерных испытаний, проведенных в ракетных пусках с полигона Капустин Яр. Первый такой взрыв был произведен 19 января 1957 года, а всего эта программа насчитывала 10 взрывов.

В 1962 году в связи с предстоящим прекращением атмосферных ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне было проведено первое подземное испытание в интересах исследования ПФЯВ. В ходе подготовки этого эксперимента и при его реализации была создана качественно новая технология исследований ПФЯВ, которая получила эффективное развитие после 1963 года.

1.9. Уникальные ядерные испытания в 1961 и 1962 годах

1.9.1. Ядерные взрывы на больших высотах

В период 1961–1962 годов в ракетных пусках с полигона МО «Капустин Яр» было проведено семь ядерных и термоядерных взрывов на больших высотах от 23 до 300 км. Целью этих экспериментов являлось изучение физических процессов, сопровождающих ядерные взрывы в специальных условиях, и исследование вопросов, связанных с возможностями создания средств противоракетной обороны. При этом в СССР волновал вопрос не столько о возможностях создания собственной системы ПРО, хотя и это было важно, сколько вопрос о потенциальных возможностях США в этой области и о том, какие действия необходимо предпринять, чтобы нейтрализовать эти возможности.

При каждом взрыве организовывалась широкомасштабная система физических наблюдений, которая обеспечивала получение экспериментального материала об эффективности поражающего действия высотного ядерного взрыва и о характеристиках сопровождающих его физических процессов.

В реализации системы физических наблюдений принимало участие большое число научных, конструкторских и других организаций, в ней использовалось значительное количество различных технических средств наблюдений, размещавшихся не только в районе взрыва, но, в большинстве случаев, и по всей территории страны.

6 сентября 1961 года был осуществлен пуск зенитной управляемой ракеты с ядерным зарядом. Ядерный взрыв с энерговыделением 11 кт был осуществлен на высоте 22,7 км. Испытание проводилось для оценки поражающих факторов ядерного взрыва на высотах около 20 км и изучения вопросов эффективности противовоздушной обороны. Условное наименование испытания – операция «Гроза».

Кроме боевой ракеты, в операции «Гроза» использовались еще две приборные телеметрические ракеты 207АТ. Они были оснащены аппаратурой для измерения параметров γ и β -излучения осколков деления в облаке взрыва. Одна из ракет прошла вблизи центра облака через 10 секунд после взрыва, другая прошла на 2 км ниже точки взрыва.

Программа этих измерений была выполнена полностью. Их результаты вместе с результатами гамма- и нейтронных измерений, которые проводились на контейнерах, подвешенных к аэростату, позволили заметно уточнить оценки поражающего действия проникающих излучений на экипажи самолетов и ядерные боеприпасы.

Отметим, что в операции «Гроза» впервые были проведены радиолокационные наблюдения (за ракетами 207АТ, которые упоминались выше) в условиях помех, возникающих при ЯВ.

6 октября 1961 года был осуществлен пуск баллистической ракеты средней дальности Р-5 с ядерным зарядом и его подрывом с энерговыделением 40 кт на высоте 41,3 км. Условное наименование – операция «Гром». Цель испытания – определение поражающих факторов атомного взрыва на высотах около 40 км и изучение вопросов, связанных с эффективностью противоракетной обороны.

Для экспериментальной проверки закономерности распространения гамма-излучения и нейтронов в условиях пониженной плотности воздуха осуществлялось измерение их параметров на расстояниях 35–40 км от центра взрыва на его высоте. Эти измерения выполнялись приборами, которые доставлялись в заданные точки двумя специально оборудованными зенитными управляемыми ракетами типа 207АТ. Пуск ракет был произведен через 10 секунд и через 20 секунд после старта ракеты Р-5 с ядерным зарядом, и в момент взрыва они оказались на высотах 31 км и 39 км на удалении около 40 км от центра взрыва. Использование двух зенитных ракет обуславливалось необходимостью обеспечить высокую надежность произведенных измерений.

Успехи в развитии ракетно-ядерного оружия, достигнутые в США и СССР к началу 60-х годов, стимулировали разработку предложений по созданию систем ПРО. В частности, предполагалось, что наиболее эффективными могут стать системы ПРО с противоракетами, оснащенными ядерными зарядами для перехвата баллистических целей на заатмосферном участке их траектории.

27 октября 1961 года были осуществлены два пуска баллистических ракет средней дальности Р-12 с ядерными зарядами мощностью 1,2 кт. Подрывы этих зарядов производились на высоте 150 км (операция «К-1») и 300 км (операция «К-2»). К целям этих испытаний относились проверка влияния космических ядерных взрывов на средства радиосвязи и радиолокации, исследования физических процессов, сопровождающих космические взрывы и проверка возможности их обнаружения. Эти испытания могут рассматриваться как аналоги космических испытаний США Argus I, II и III, проведенных в августе-сентябре 1958 года с ядерным зарядом энерговыделением 1–2 кт.

22 октября, 28 октября и 1 ноября 1962 года были проведены еще 3 взрыва на больших высотах: «К-3» на высоте 290 км, «К-4» – на высоте 150 км и «К-5» – на высоте 59 км. В этих взрывах использовались термоядерные заряды с энерговыделением в 300 кт. Для ракетных пусков использовалась баллистическая ракета Р-12.

В операциях «К-3» и «К-4» использовались по четыре метеорологические ракеты МР-12. Одни из них оснащались средствами регистрации характеристик рентгеновского излучения, другие – нейтронного потока, третьи – электронных концентраций. Запуск ракет производился в такой момент, при котором обеспечивалось нахождение ракет в момент ядерного взрыва в верхней точке траектории (130–140 км).

Следует отметить, что в дополнение к измерениям, которые проводились с помощью ракет в 1961 году, в рассматриваемых операциях проводились также измерения параметров искусственных радиационных поясов. С этой целью были запущены спутники «Космос-3», «Космос-5» и «Космос-7».

В операциях «К-3» и «К-4» удалось также получить спектрально-временные характеристики свечения воздуха, возбужденного рентгеновским излучением взрыва. Это свечение наблюдалось в сравнительно плотных слоях атмосферы – на высотах 60–90 км. Данные измерения оказались полезными для разработки теоретических моделей «нижних» областей повышенной ионизации, которая в ряде случаев может влиять на распространение радиоволн.

Наиболее полно этот эффект был исследован с помощью радиолокационных наблюдений, проведенных в операциях «К». В этих экспериментах была произведена локация объектов, находившихся в области взрыва или за нею. Такими объектами являлись: корпус БР, контрольная ракета, летевшая по той же траектории, что и боевая с известным запаздыванием, спутники, а также внеземные источники радиоизлучения.

В опытах «К-3» – «К-5» были в полном объеме проведены запланированные наблюдения за областью взрыва, характером, размерами и продолжительностью существования сигналов, возникающих в этой области.

Картину развития ионизированных областей при высотных ЯВ дополнили измерения электронных концентраций, проведенные на ракетах Р-5В (в операции «К-3») и МР-12 (в операциях «К-3» и «К-4»).

В совокупности данные радиолокационных наблюдений и измерений на ракетах позволили получить не только конкретные результаты о воздействии высотных ЯВ на радиолокационные средства ПРО, но и данные об основных физических процессах (ионизация, разогрев), возникающих под влиянием таких взрывов в атмосфере.

Как отмечалось выше, одной из задач операций «К» являлось получение экспериментальных данных о геофизических явлениях, сопровождающих высотные ЯВ. Эти исследования выполнялись в интересах систем обнаружения ЯВ и контроля за их проведением.

Для решения данной задачи был проведен значительный объем наземных и спутниковых наблюдений.

В результате было установлено, что высотные ЯВ сопровождаются излучением электромагнитного импульса (ЭМИ) в широком диапазоне радиоволн, значительно превышающего по амплитуде величину ЭМИ, излучаемого при приземных взрывах той же мощности. Было обнаружено, что регистрация ЭМИ высотного ЯВ возможна на больших (до 10000 километров) расстояниях от эпицентра взрыва.

Проведенные геомагнитные измерения подтвердили возможность идентификации мощных ЯВ на высотах более 100–150 км наблюдателем, расположенным практически в любой точке земного шара.

1.9.2. Специальные физические опыты по изучению воздействия факторов ядерного взрыва

В 1961–1962 годах был проведен ряд специальных физических опытов по изучению воздействия различных факторов ядерного взрыва. Прежде всего, в связи с предстоящим прекращением ядерных испытаний в атмосфере было необходимо исследовать особенности технологии проведения ядерных взрывов под землей. 11 октября 1961 года на Семипалатинском полигоне в штольне В-1 было проведено первое подземное ядерное испытание в СССР. Эксперимент был подготовлен совместно КБ-11, НИИ-1011 и полигоном. Основные задачи эксперимента были связаны с разработкой технологии проведения подземных ядерных испытаний, методов диагностики работы ядерных зарядов в условиях подземного взрыва, с обеспечением безопасности нового вида ядерных испытаний, с исследованием воздействия подземных ядерных взрывов на горный массив. Энерговыделение взрыва составило около 1 кт. Ядерному взрыву в штольне В-1 предшествовал калибровочный подземный взрыв с использованием химических ВВ с энерговыделением 0,15 кт.

2 февраля 1962 года в СССР был проведен второй подземный ядерный взрыв в штольне А-1 Семипалатинского полигона. Эксперимент проводился НИИ-1011 и представлял собой физический опыт по изучению параметров поражающих факторов ядерного взрыва в условиях проведения подземных испытаний. Это был важный эксперимент, который показал возможность экспериментального исследования достаточно тонких параметров ядерного взрыва в условиях подземных испытаний.

Из других специальных экспериментов этого периода отметим, что 5 ноября 1962 года на поверхности Семипалатинского полигона был проведен специальный эксперимент по исследованию воздействия поражающих факторов ядерного взрыва на автоматику и заряды боевых частей. Эксперимент проводился совместно КБ-11, НИИ-1011 и КБ-25 (ВНИИА).

В это же время на Северном испытательном полигоне Министерство обороны продолжало исследования процессов, сопровождающих подводные и надводные ядерные взрывы.

23 октября 1961 года здесь был проведен подводный ядерный взрыв при испытании тактического ядерного заряда в составе торпеды (операция «Коралл-1»). 27 октября 1961 года был проведен аналогичный надводный ядерный взрыв (операция «Коралл-2»). 22 августа 1962 года был проведен надводный ядерный взрыв (операция «Шквал») в пуске крылатой ракеты К-10С. Целью испытания было исследование воздействия надводного ядерного взрыва на образцы военной техники и акваторию. КР К-10С представляло собой противокорабельную крылатую ракету дальностью 250 км. Она находилась на вооружении самолетов Ту-16 К-10 авиации ВМФ.

В свою очередь на Семипалатинском полигоне в целом ряде ядерных испытаний для проведения взрывов использовались ракетные пуски тактической ракеты малой дальности «Луна». В период 1961–1962 годов здесь было проведено девять таких ядерных испытаний, а в 1961 году – два ракетных пуска ракеты «Луна» с ядерным взрывом было проведено и на Северном испытательном полигоне. В этих экспериментах производились, как проверка системы оружия в условиях, макси-

мально приближенных к боевым, так, и в ряде экспериментов, испытания новых видов боевого оснащения.

1.10. Разработка ядерных зарядов в условиях подземных полигонных испытаний

В 1963 году в Москве представителями правительств СССР, США и Великобритании был подписан Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах: в атмосфере, в космосе и под водой. Подземные полигонные испытания были делом новым, требующим разработки специальной технологии их проведения и создания новых методов диагностики параметров ядерного взрыва под землей. Необходимо было провести калибровочные опыты, подтверждающие точность измерений. Решению подобных задач и проверке работоспособности некоторых маломощных, главным образом, атомных зарядов и посвящались первые подземные полигонные испытания.

Необходимо отметить, что СССР и США вступили в Договор 1963 года, обладая разной степенью подготовленности к проведению подземных испытаний. Если США к моменту подписания Договора из общего числа 333 ядерных испытаний провели 116 подземных опытов, то СССР из общего числа 221 ядерных испытаний провел только два подземных опыта.

В процессе воздушных испытаний 1961–1962 годов было экспериментально проверено большое количество основополагающих физических идей, принципиальных схем и характеристик атомных и термоядерных зарядов. Основные теоретические принципы работы атомных и термоядерных зарядов были экспериментально проверены и подтверждены.

На начальной стадии подземных испытаний (1964–1966) приоритеты в разработке зарядов и направленность деятельности институтов-разработчиков несколько смещаются. Значительное внимание стало уделяться поисковым работам по зарядам промышленного назначения, программным исследованиям, направленным на улучшение свойств зарядов, их эксплуатационных характеристик, безопасности и т.п. Как раз это время характеризуется новым витком наращивания наступательных и оборонительных ядерных вооружений США. Развертываются стратегические ракетные системы Minuteman и Polaris, в том числе с разделяющимися головными частями (РГЧ). Полным ходом ведутся работы по системе ПРО Safeguard с противоракетами Spartan и Sprint с ядерными боеголовками. Необходимость принятия адекватных мер заставила разработчиков отечественного оружия приступить к решению новых задач, связанных не только с повышением удельных характеристик зарядов для стратегических комплексов вооружения, но и созданием зарядов с заранее заданными свойствами для тактических систем оружия, систем ПВО и ПРО. Решению этих задач в немалой степени способствовало оснащение вычислительных центров разработчиков зарядов машинами нового поколения, позволявшими проводить более сложные расчеты.

Основными направлениями совершенствования боевых ядерных зарядов в период середины 60-х – начала 70-х годов были следующие:

- повышение удельной мощности зарядов за счет совершенствования термоядерного модуля;
- повышение удельной мощности зарядов за счет снижения массы первичного инициатора;
- повышение стойкости зарядов к ПФЯВ;
- повышение надежности унифицированных первичных атомных инициаторов.

60-е годы характеризовались зрелостью зарядной науки и техники. Разработчики заметно продвинулись в понимании процессов работы зарядов и конструировании ядерных боеприпасов. Это дало возможность приступить к разработке зарядов усложненных схем. В 1965 году начались модельные эксперименты по созданию термоядерного заряда оригинальной физической архитектуры, повышающей степень сжатия термоядерного узла. Основным его идеологом был Ю.Н. Бабаев. Заряд имел хорошие компоновочные параметры, позволявшие улучшить габаритно-массовые и аэробаллистические характеристики боевого блока.

Прорабатывалось несколько возможных схем таких зарядов. Было проведено несколько полигонных экспериментов, в том числе на первых порах неудачных. Это можно объяснить несовершенством на первом этапе отработки методик расчетов, слабой вычислительной базой.

Значительной вехой совершенствования стратегических зарядов рассматриваемого периода можно считать 1966 год, когда был испытан заряд повышенной удельной мощности, поступивший в дальнейшем на вооружение для оснащения наземных ракетных комплексов различного базирования.

Введение в строй машины БЭСМ-6 и создание программ, позволивших выйти на новый уровень расчетов, дали возможность расчетно получать заданные характеристики зарядов с большой точностью, с подтверждением их затем в полигонных испытаниях. Началась разработка специализированных зарядов для тактических ядерных боеприпасов, систем ПВО, ПРО. Планы создания систем ПВО и ПРО остро поставили вопросы повышения живучести ядерных зарядов. Для достижения этих целей была проведена серия экспериментов по изучению комплексного воздействия излучений ядерного взрыва на боеприпасы, заряды, элементную базу.

Большие усилия в рассматриваемый период были направлены на создание экономичных тактических зарядов, тщательную отработку унифицированных первичных атомных зарядов для увеличения надежности последних.

Исключительно важные для практики результаты были получены в процессе испытаний 1968–1970 годов, когда шла отработка зарядов разных весовых категорий повышенной стойкости к ПФЯВ и рекордной удельной мощности усовершенствованных схем первичных инициаторов. Эти заряды и их экономичные варианты различных весов, калибров и мощностей поступили на вооружение ВС СССР и использовались в качестве боевого оснащения стратегических ракет и других видах вооружений.

2. СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

2.1. Способы базирования баллистических ракет

Одной из важных проблем стратегических ядерных сил был выбор и совершенствование способов базирования БР. В различные периоды времени рассматривались различные способы осуществления такого базирования. При этом было важно с одной стороны обеспечить эффективность поражения целей на территории противника, а с другой стороны увеличить степень неуязвимости своих стратегических ядерных сил к возможным действиям противника. К теоретически возможным видам базирования стратегических БР относились:

- наземные стационарные и подвижные типы базирования;
- морские подвижные и стационарные типы базирования;
- авиационное базирование;
- космическое базирование.

Следует отметить, что для средств наземного базирования был важен вопрос о возможностях географического расположения мест базирования. Так расположение БР в относительной близости к территории противника превращало БР средней дальности в стратегическое оружие. С другой стороны расположение баз МБР в глубине своей территории повышало их неуязвимость к различным средствам противодействия противника.

Практически все созданные комплексы стратегических БР относились к наземным и морским типам базирования. В то же время в различные периоды времени в ряде ядерных государств разрабатывались проекты систем БР воздушного базирования. К системам такого типа относились, например, проект Blue Steel на ранней стадии ядерной программы Великобритании и проект Skybolt в начале 60-х годов в США. Этот способ не получил развития и был вытеснен

оснащением стратегической авиации крылатыми ракетами воздушного базирования, в том числе большой дальности.

Космический способ базирования также не был реализован. Одним из его прообразов может рассматриваться орбитальный вариант МБР Р-36 с выводом управляемой боеголовки на околоземную орбиту. Однако от этого проекта очень далеко до боевой космической станции с большим количеством боеголовок и средствами активного противодействия.

Из морских типов базирования получили развитие подвижные подводные старты на подводных лодках, прежде всего атомных – комплексы БРПЛ. Такой подход позволил объединить с одной стороны преимущества скрытности подводного базирования, а с другой стороны преимущества, предоставляемые передвижением средств доставки. Эти преимущества были связаны как с повышением неуязвимости стартов, так и с возможностью их приближения к территории противника, что упрощало проблемы с дальностью БРПЛ, очень сложные на первых этапах этой программы.

Среди стратегических комплексов БР получили интенсивное развитие, как комплексы стационарного, так и комплексы подвижного базирования. Исторически первыми были стационарные ракетные комплексы, которые размещались первоначально на поверхности. Однако такие комплексы были уязвимы для ядерного удара противника, и вскоре стационарные ракетные комплексы стали размещать под землей в укрепленных ШПУ. Для поражения таких укрепленных позиций противник должен был разрабатывать все более и более точные средства первого удара: высокоточные боеголовки МБР и БРПЛ, точные стратегические крылатые ракеты.

Что касается подвижных ракетных комплексов, то в СССР получили развитие подвижные комплексы железнодорожного и автомобильного базирования. Как правило, основная часть МБР этих типов находилась на своих основных базах, но в случае необходимости они могли рассредоточиваться и передвигаться по соответствующим направлениям и территориям. В этом случае неуязвимость МБР была связана с возможностью удаления на безопасные расстояния пусковых установок от точек прицеливания боеголовок противника. Отметим, что в США рассматривался также проект мобильного подземного базирования МБР для ракет МХ, однако этот проект не был реализован.

2.2 Основные этапы развития морских стратегических комплексов

С 1954 по 1990 год в СССР было разработано и поставлено на вооружение десять комплексов БРПЛ, которые размещались на восьми основных типах подводных лодок, шести атомных и двух дизельных. Представляет интерес рассмотреть вопрос о развитии основных военно-технических характеристик этого вида стратегических вооружений. В таблице 3.5 приведены основные характеристики БРПЛ, а в таблице 3.6 основные характеристики подводных лодок – носителей.

Следует отметить, что все подводные лодки – носители БРПЛ были разработаны в Ленинграде. Дизельные подводные лодки были разработаны в ЦКБ-16 (КБ «Малахит») под руководством главного конструктора Н.Н. Исанина, а атомные подводные лодки – в ЦКБ-18 (ЦКБ «Рубин») под руководством главных конструкторов С.Н. Ковалева и И.Д. Спасского. Разработка всех БРПЛ, кроме ракеты Р-31 (комплекс Д-11) проводилась в Златоусте в СКБ-385 (КБ Машиностроения) под руководством главного конструктора В.П. Макеева, а разработка ракеты Р-31 производилась в КБ «Арсенал» под руководством главного конструктора П.А. Тюриня. Таким образом, подавляющая часть всех комплексов БРПЛ и подводных лодок – носителей, включая все современные типы, были спроектированы в ЦКБ «Рубин» и в КБ Машиностроения.

Таблица 3.5. Основные характеристики стратегических ракетных комплексов морского базирования

К	Р	ПЛ	ЧР	ТП	ПУ	ЧС	Д, км	М, т	ЗВ, т	Тип ГЧ	КВО, км	НР	ПВ	США
Д-1	Р-11ФМ	В-611	2	Ж	НС	1	150	5,45	1	Неотделя- емая МГЧ	1,5	январь. 1954	февр. 1959	
Д-2	Р-13	629 658	3	Ж	НС	1	600	13,7	1,6	МГЧ	4	авг. 1955	окт. 1961	SS-N-4
Д-4	Р-21	629А 658М	3	ХЖ	ПЗС	1	1400	16,6	1,2	МГЧ	2,8	мар. 1958	май 1963	SS-N-5
Д-5	Р-27	667А	16	ХЖ	ПЗС	1	2400	14,2	0,65	МГЧ	1,9	апр. 1962	март 1968	SS-N-6
Д-5У	Р-27У	667АУ	16	ХЖ	ПЗС	1	3000	12,2	0,65	РГЧ (3)	1,3 – 1,8	июнь 1971	январь. 1974	SS-N-6
Д-9	Р-29	667Б	12	ХЖ	ПЗС	2	7800	33,3	1,1	МГЧ	1,5	сентяб. 1964	март 1974	SS-N-8
	Р-29Д	667БД	16				9100				0,9		1978	
Д-11	Р-31	667АМ	12	Т	ПСС	2	3900	26,9	0,45	МГЧ	1,4	июнь 1971	сентяб. 1980	SS-N-17
Д-9Р	Р-29Р	667БДР	16	ХЖ	ПЗС	2	6500	35,3	1,65	РГЧ ИН (3)	0,9	февр. 1973	1979	SS-N-18
Д-19	Р-39	941	20	Т	ПСС	3	8300	90	2,55	РГЧ ИН (10)	0,5	сентяб. 1973	май 1983	SS-N-20
Д-9РМ	Р-29РМ	667БДРМ	16	ХЖ	ПЗС	3	8300	40,3	2,8	РГЧ ИН (4)	0,5	1979	1986	SS-N-24

Примечание. К – комплекс морского базирования; Р – ракета; ПЛ – подводная лодка; ЧР – число ракет; ТП – топливо; Ж – жидкое топливо, ХЖ – хранимое жидкое топливо, Т – твердое топливо; ПУ – пусковая установка, НС – надводный старт, ПЗС – подводный затопленный старт, ПСС – подводный сухой старт; ЧС – число ступеней; Д – дальность; М – масса; ЗВ – забрасываемый вес; НР – начало разработки; ПВ – принятие на вооружение; США – наименование, принятое в США.

Таблица 3.6. Основные характеристики подводных лодок – носителей БРПЛ

Проект	Тип	БРПЛ	ВП, куб. м	ГП, м	СП, узлов	НР	ПН	США
В-611 АВ-611	ДПЛ	2Р-11ФМ	2400	170	13 12,5	январь. 1954	1956 1957	Zulu IV Zulu V
629 629А	ДПЛ	3Р-13 3Р-21	2800	260	12,5	январь. 1956 март 1958	1959 1967	Golf I Golf II
658 658М	АПЛ	3Р-13 3Р-21	5000	240	26	авг. 1956 март 1958	январь. 1961 1964	Hotel I Hotel II
667А 667АУ 667АМ	АПЛ	16 Р-27 16 Р-27У 12 Р-31	9600 9600 10000	400	27	1958	1967 1972 1980	Yankee I Yankee I Yankee II
667Б 667БД	АПЛ	Р-29 Р-29Д	11000 13000	390	25 24	1965 июнь 1972	декаб. 1972 сентяб. 1975	Delta I Delta II
667БДР	АПЛ	Р-29Р	13000	400	25	1972	1976	Delta III
941	АПЛ	Р-39	33800	500	27	декаб. 1973	декаб. 1981	Typhoon
667БДРМ	АПЛ	Р-29РМ	13600	400	22,5	сентяб. 1975	декаб. 1985	Delta IV

Примечание. ВП – водоизмещение подводное; ГП – глубина погружения; СП – скорость подводная; НР – начало разработки; ПВ – принятие на вооружение; США – наименование, принятое в США.

Основные тенденции развития комплексов БРПЛ были связаны:

- с увеличением дальности БРПЛ. Решающий переход к увеличению дальности до уровня 8000 км был совершен в середине 70-х годов;
- с организацией подводного старта. Эта задача была решена в 1963 году и многие типы БРПЛ могли запускаться как в подводном, так и в надводном положении АПЛ;
- с переходом на оснащение РГЧ. Эта задача была решена в 1974 году для РГЧ кассетного типа, и в 1979 году для РГЧ с индивидуальным наведением на цель;
- с увеличением количества БРПЛ на АПЛ. Уровень в 16 БРПЛ был достигнут в 1968 году;
- с увеличением точности боеголовок. Уровень КВО около 1 км был достигнут в 1978 году, уровень КВО около 0,5 км был достигнут в 1983 году;
- с увеличением забрасываемого веса. Уровень 2,5 тонны был достигнут в 1983 году;
- с переходом на твердое топливо. Впервые такой переход реализован в 1980 году, и он получил достаточно широкое внедрение в 1983 году.

Представляет интерес сравнить характеристики комплексов БРПЛ СССР с характеристиками комплексов БРПЛ США. Первой БРПЛ, развернутой в США, была БРПЛ Polaris. Ее первое успешное испытание было проведено в сентябре 1959 года, и 21 января 1960 года первая АПЛ George Washington, оснащенная этим видом БРПЛ, вышла на боевое дежурство. В ВМФ США были развернуты три варианта БРПЛ Polaris (А-1, А-2 и А-3). Наиболее совершенная версия Polaris А-3 поступила на вооружение в сентябре 1964 года в составе АПЛ Daniel Webster. Этот вариант вытеснил другие версии Polaris в 1974 году и оставался на вооружении до октября 1981 года, когда он в свою очередь был вытеснен комплексом Poseidon.

Аналогом комплекса Polaris в СССР может рассматриваться комплекс Д-5 для варианта А-1 и комплекс Д-5У для варианта А-3. К основным отличиям этих комплексов можно отнести то, что советские БРПЛ использовали жидкое топливо и имели меньшую точность. Различие в сроках постановки на вооружение этих комплексов в США и СССР составляет 8–10 лет.

В марте 1971 года на вооружение ВМФ США поступили первые БРПЛ комплекса Poseidon. Их носителем была АПЛ класса Lafayette, конвертированная для этих целей из предыдущего комплекса Polaris. Характеристики этого комплекса приведены в таблице 3.7. Здесь же приведены и характеристики следующих комплексов БРПЛ США: Trident I, поставленного на вооружение в октябре 1979 года, и Trident II, поставленного на вооружение в мае 1990 года.

Из результатов сравнения видно, что характеристики комплекса Poseidon были достигнуты в СССР по существу только в 1983 году с введением в строй комплекса Д-19, то есть через 12 лет. Этот же комплекс был близок по своим параметрам к комплексу США Trident I. Все эти системы использовали твердотопливные ракеты и были оснащены РГЧ индивидуального наведения. Уровень точности боеголовок (КВО) также был примерно одинаков. Вместе с тем масса БРПЛ Р-39 значительно (в 3 раза) превосходила массу БРПЛ Poseidon и Trident I. При этом полезная нагрузка (забрасываемый вес) БРПЛ СССР была существенно выше. Существенно выше было и водоизмещение АПЛ СССР по сравнению с АПЛ США, использующих эти комплексы. Это превышение для АПЛ проекта 941 составляло 4,1 раза по сравнению с АПЛ Lafayette и 1,8 раза по сравнению с АПЛ Ohio.

Характеристики комплекса БРПЛ Trident II в СССР не были достигнуты, в первую очередь, по точности. Если сравнить комплекс Trident II с комплексом Д-9РМ, то при близких параметрах забрасываемого веса и дальности, точность комплекса США в четыре раза превышала точность комплекса СССР.

Комплексы БРПЛ Trident I и Trident II находятся на вооружении США и в данное время.

К целям комплекса Poseidon относились объекты с невысокой прочностью. К целям системы Trident I относились цели средней прочности, включая военные и промышленные цели широкого спектра. К целям системы Trident II относились все высокопрочные цели, включая ШПУ, командные пункты и т.д.

Характеристики целей определяются уровнем избыточного давления, создаваемого ударной волной при наземном взрыве боеголовки. В таблице 3.9 приведены значения избыточного давления (атм) для систем БРПЛ США, которые достигаются на расстояниях, равных КВО (вероятность по-

падания 50%) и на расстояниях, равных 1,82 КВО (вероятность попадания 90%). Приведенные значения избыточного давления хорошо подтверждают приведенные выше цели систем БРПЛ США.

Таблица 3.7. Характеристики комплексов БРПЛ США

Комплекс БРПЛ	Тип АПЛ	ЧР	Топливо	ЧС	Д, км	М, т	ЗВ, т	КВО, км	Тип ГЧ	Боеголовка
Polaris A-1	Washington	16	Твердое	2	2200	13	–	0,9	МГЧ	W47 600 кт
Polaris A-3	Webster	16	Твердое	2	4600	16,2	–	0,6	3 РГЧ	W58 200 кт
Poseidon	Lafayette Madison	16	Твердое	2	4600	29	1,35	0,46 – 0,55	10 РГЧ ИН	W68 40–50 кт
		16								
Trident I	Franklin Ohio	16 24	Твердое	3	7800	> 30	> 1,35	0,37 – 0,55	8 РГЧ ИН	W76 100 кт
Trident II	Ohio	24	Твердое	3	7400	57	2,7	0,12	8 РГЧ ИН	W76 100 кт
										W87 475 кт

Примечание. ЧР – число ракет; ЧС – число ступеней; Д – дальность; М – масса; ЗВ – забрасываемый вес.

Таблица 3.8. Некоторые характеристики АПЛ США

Тип АПЛ	Водоизмещение подводное, куб. м	Скорость подводная, узлов
Washington	6900	22
Madison, Franklin	8250	30
Ohio	18750	> 20

Таблица 3.9. Уровень избыточного давления на поверхности земли

Избыточное давление, атм	Poseidon	Trident I	Trident II	
	W68	W76	W76	W87
50%	4,9 – 3,2	16,7 – 6	385	1750
90%	1,25 – 0,9	3,7 – 1,55	70	307

Если принять в качестве модельного критерия поражения прочной цели уровень избыточного давления на поверхности земли в 100 атм, то последовательный удар по такому объекту всех восьми боеголовок одной БРПЛ Trident I приведет к поражению этого объекта с вероятностью в 50% при уровне КВО в 550 м, и с вероятностью в 73% при уровне КВО в 370 м.

Поскольку параметры последних советских систем БРПЛ в известной степени аналогичны параметрам системы Trident I, то эти данные показывают, что эти системы не предназначались для поражения высокопрочных целей.

2.3. Основные этапы развития наземных стратегических комплексов

В период 1954–1990 годов в СССР было разработано и поставлено на вооружение десять типов комплексов МБР стационарного и подвижного наземного базирования. Из них восемь типов комплексов имело стационарное базирование, один комплекс имел стационарное и подвижное (железнодорожное) базирование, один комплекс имел подвижное (грунтовое) базирование.

Разработка основных комплексов МБР – Р-16, Р-36, МР УР-100, Р-36М, РТ-23 проводилась в КБ «Южное» (ОКБ-586) под руководством главных конструкторов М.К. Янгеля и В.Ф. Уткина, комплексов УР-100 и УР-100Н – в ЦКБМ под руководством главного конструктора В.Н. Челомея, комплекса РТ-2ПМ «Тополь» – в МИТ под руководством главного конструктора А.Д. Надирадзе.

Первый комплекс МБР Р-7 был разработан в ЦКБЭМ (ОКБ-1) под руководством главного конструктора С.П. Королева. Основные характеристики наземных стратегических комплексов приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10. Основные характеристики стратегических ракетных комплексов наземного базирования

Тип МБР	ТП	ЧС	ПУ	Д, км	М, т	ЗВ, т	КВО, км	Тип ГЧ	НР	ПВ	США
Р-7 Р-7А	ЖК	2	Н	8000 12000	280	5,4 3	4,3	МГЧ	май 1954 июль 1958	янв. 1960 сент. 1960	SS-6
Р-16 Р-16У	ЖХ	2	Н Ш	11000	141 147	1,5 – 2,2	2,7	МГЧ	май 1959 май 1960	окт. 1961 июль 1963	SS-7
Р-9А	ЖК	2	Н Ш	12500	80	1,65 – 2,1	> 4,3	МГЧ	май 1959	июль 1965	SS-8
Р-36-1 Р-36-2 Р-36-3	ЖХ	2	Ш	10200 40000 –	184	5,8 – 5,8	2,2	МГЧ МГЧ 3 РГЧ	апр. 1962	июль 1967 ноя. 1968 окт. 1970	SS-9
УР-100 УР-100К УР-100У	ЖХ	2	Ш	11000	42,3 50,1 50,1	0,75 1,2 1,2	1,4 0,9 –	МГЧ МГЧ 3 РГЧ	март 1963	июль 1967 дек. 1972 сен. 1974	SS-11
РТ-2 РТ-2П	Т	3	Ш	9400 9500	51	0,6	1,9 1,5	МГЧ	апр. 1961 дек. 1968	дек. 1968 дек. 1972	SS-13
МР УР-100	ЖХ	2	Ш	10200	71	2,55	0,5	4 РГЧ ИН	сент. 1970	дек. 1975	SS-17
Р-36М-1 Р-36М-2 Р-36М-3	ЖХ	2	Ш	10200 11500 11000	210	8,8	0,5 0,4 0,22	8 РГЧ ИН 10 РГЧ ИН 10 РГЧ ИН	сент. 1969 1976 авг. 1983	дек. 1975 дек. 1980 авг. 1988	SS-18
УР-100Н	ЖХ	2	Ш	10000	106	4,35	0,4	6 РГЧ ИН	1970	дек. 1975	SS-19
РТ-23 УТТХ	Т	3	Ш ЖД	10400 10100	105	4,05	0,22	10 РГЧ ИН	авг. 1983	ноя. 1989	SS-24
РТ-2ПМ «Тополь»	Т	3	А	10500	45	1	0,4	МГЧ	июль 1977	дек. 1988	SS-25

Примечание. ТП – топливо, ЖК – жидкое криогенное топливо, ЖХ – жидкое хранимое топливо, Т – твердое топливо; ЧС – число ступеней; ПУ – пусковая установка, Н – наземная, Ш – шахтная, ЖД – железнодорожная, А – автодорожная; Д – дальность; М – масса; ЗВ – забрасываемый вес; НР – начало разработки; ПВ – принятие на вооружение; США – наименование, принятое в США.

Основные тенденции развития наземных комплексов МБР были связаны:

- с переходом к шахтному способу базирования. Впервые шахтный способ базирования был реализован в 1963 году для ракеты Р-16У;
- с увеличением забрасываемого веса и созданием тяжелых МБР. Первая тяжелая МБР Р-36 была создана в 1967 году;
- с оснащением МБР РГЧ. Впервые реализовано для кассетных РГЧ в 1970 году, а для РГЧ индивидуального наведения в 1975 году;
- с созданием твердотопливных МБР. Первая твердотопливная МБР РТ-2 была создана в 1968 году;
- с созданием мобильных пусковых установок. Впервые мобильный железнодорожный способ базирования был реализован в 1989 году, а мобильный грунтовой способ базирования – в 1988 году;
- с повышением точности боеголовок до уровня КВО в 0,22 км для МБР Р-36М в 1988 году и РТ-23УТТХ – в 1989 году.

Представляет интерес провести сравнение характеристик МБР СССР с характеристиками МБР США.

Первой МБР США была ракета Atlas. Начало работ по этому проекту относится ко времени вскоре после окончания второй мировой войны. Исследования по разработке баллистических ракет большой дальности были начаты в апреле 1946 года, а к 1953 году работы по первоначальному проектированию были завершены. Ракета Atlas имела длину 27 м, диаметр 3,6 м и криогенное топливо. Большие размеры ракеты определялись тем, что по первоначальному замыслу она должна была доставлять очень тяжелые термоядерные боеголовки (на основе зарядов типа Mike) на межконтинентальные расстояния. В связи с прогрессом в создании термоядерного оружия в 1954 году (испытания Castle) схема ракеты Atlas была пересмотрена, и ракета стала существенно меньше. Первое успешное испытание Atlas было проведено в декабре 1957 года, а в 1958 году была достигнута необходимая дальность МБР в 10200 км. В дальнейшем было развернуто три вида ракет Atlas, отличавшихся типами пусковых установок.

Atlas D размещался на незащищенной платформе на поверхности земли в горизонтальном виде и переводился в вертикальную позицию для заправки топливом и пусков. Этот вариант МБР был развернут в период с 1957 по 1960 год, и был оснащен боеголовками W49 с энерговыделением 1,45 Мт. Вариант Atlas E размещался горизонтально в подземном бункере, в котором пусковую установку защищала тяжелая укрепленная крышка. Перед заправкой топливом и пуском крышка открывалась, и МБР переводилась в вертикальное положение. Вариант Atlas F размещался вертикально в шахтной пусковой установке. Перед пуском крышка открывалась, и МБР поднималась на поверхность. МБР Atlas E была развернута в период 1959–1961 годов, а МБР Atlas F – в период 1960–1962 годов. МБР Atlas E и Atlas F были оснащены боеголовками W38 с энерговыделением 3,75 Мт. Ракета Atlas находилась на вооружении до 1965 года, и всего было развернуто 129 пусковых установок этих ракет.

К первому поколению МБР США относится также ракета Titan I. Этот тип МБР, как и Atlas F, размещался в ШПУ, и перед пуском ракета поднималась на поверхность. МБР Titan I была развернута в период с 1959 по 1962 год и находилась на вооружении до 1965 года; она также была оснащена боеголовкой W38. Всего было развернуто 54 пусковых установки этих ракет. Недостатком МБР Titan I и Atlas была необходимость использования криогенного оборудования.

На смену этим МБР пришли ракеты второго поколения: ракета Titan II на жидком хранимом топливе и ракеты Minuteman I и Minuteman II на твердом топливе. ШПУ для ракет Minuteman I/II были взаимозаменяемы. Первые МБР Minuteman I были приведены в боевую готовность в октябре 1962 года, а МБР Minuteman II – в 1966 году. Ракета Titan II поступила на вооружение в июне 1963 года. Всего было развернуто 54 ШПУ для МБР Titan II (стояли на вооружение до 1987 года) и 450 ШПУ для МБР Minuteman I/II. МБР Minuteman I была на вооружении до 1969 года, а МБР Minuteman II – до 1991 года.

К следующему поколению МБР США относятся ракеты Minuteman III и ракеты MX. Для ракет Minuteman III было построено 550 ШПУ, из которых 50 ШПУ были переоборудованы под размещение МБР MX. Ракета Minuteman III поступила на вооружение в конце 1970 года, а ракета MX – в 1986 году. Оба этих типа МБР находятся на вооружении США в данное время.

Таблица 3.11. Основные технические характеристики МБР США

Тип МБР	ТП	ЧС	ПУ	Д, км	М, т	ЗВ, т	КВО, км	ПШПУ, атм	Тип ГЧ	Боеголовка
Titan II	ЖХ	2	Ш	11500 – 15000	150	3,4 – 3,75	0,9 – 1,3	21	МГЧ	W53 9 Мт
Minuteman II	Т	3	Ш	11000 – 11500	33	0,7 – 1,1	0,37 – 0,63	85 – 150	МГЧ	W56 1,2 Мт
Minuteman III	Т	3	Ш	13000 – 14500	35	1,1	0,18 – 0,22	140	3 РГЧ ИН	W62 0,17 Мт W78 0,35 Мт
MX	Т	4	Ш	13000	87,5	3,6	< 0,12	150	10 РГЧ ИН	W87 0,3 Мт

Примечание. ТП – топливо, ЖХ – жидкое хранимое топливо, Т – твердое топливо; ЧС – число ступеней; ПУ – пусковая установка, Ш – шахтная; Д – дальность; М – масса; ЗВ – забрасываемый вес; ПШПУ – прочность ШПУ.

В таблице 3.11 приведены характеристики основных МБР США.

Из сравнения характеристик МБР СССР и США следует:

- комплекс РТ 23 УТТХ в известной степени обладает близкими характеристиками к комплексу МХ. При этом комплекс МХ имеет существенно большую точность;
- комплексы РТ-2ПМ «Тополь» и Minuteman III являются определенными аналогами. При этом комплекс РТ-2ПМ является мобильной системой, а комплекс Minuteman III – стационарной. Комплекс РТ 2ПМ оснащен моноблочной головной частью, а комплекс Minuteman III – РГЧ ИН и обладает существенно большей точностью.

2.4. Разработка зарядов третьего поколения для боевого оснащения стратегических вооружений в период со второй половины 60-х годов и до начала 80-х годов

В середине 60-х годов в ядерных оружейных центрах СССР были продолжены расчетно-теоретические и проектные работы по совершенствованию стратегических термоядерных зарядов и созданию новых видов боевого оснащения МБР и БРПЛ, а также средств ПВО и ПРО.

Во многом новой направленности НИОКР способствовали интенсивные исследования и проектные работы по системам ядерного оружия в США.

11 июля 1962 года министр обороны США Роберт Макнамара сделал концептуальное заявление о том, что основными военными целями в случае ядерной войны будет уничтожение военных сил противника, а не его гражданского населения. Данное заявление знаменовало собой изменение стратегии развития ядерных сил США. Речь шла о нанесении ядерных ударов по советским стратегическим ракетам.

Эта концепция обуславливала в случае необходимости возможность нанесения Соединенными Штатами упреждающего, то есть первого ядерного удара. Вместе с тем логика стратегии превентивного удара такова, что нападающая сторона при этом должна быть надежно защищена от ответного удара оставшихся ядерных сил противника.

Этот подход определил основные направления развития ядерных сил США в то время. Стратегический ядерный арсенал США в 60-е годы стремительно развивался и качественно совершенствовался. Была реализована программа создания системы МБР Minuteman. Развертывались подводные лодки с БРПЛ Polaris.

В это же время начались исследования возможности создания РГЧ с индивидуальным наведением боеголовок на цель (РГЧ ИН). При высокой точности наведения боеголовок РГЧ ИН существенно вырастала эффективность поражения шахтных пусковых установок стратегических ракет. Это придавало принципиально новые качества стратегическим наступательным вооружениям США. Значительно увеличивались их возможности по нанесению первого удара. Кроме того, способность РГЧ ИН разводить БГ на большие расстояния и с заданными временными интервалами существенно повышала вероятность преодоления ими ядерной ПРО.

В этот период в Соединенных Штатах развернулись работы по противоракетной обороне. В 60-х годах разрабатывается система, специально предназначенная для перехвата баллистических ракет и их боеголовок, – система ПРО Safeguard с противоракетами Spartan и Sprint, оснащенными ядерными зарядами.

Эта система задумывалась как комбинированная система ПРО, способная обеспечить как общую защиту всей территории страны, так и дополнительную оборону крупных городов и наиболее важных военных объектов. В рамках проекта Safeguard разрабатываются новые типы радиолокационных станций и электронных комплексов автоматизированной обработки данных и управления. Данная система по своим возможностям перехвата баллистических целей принципиально превосходила ядерные средства ПВО.

Появление реальной возможности создания системы ядерной противоракетной обороны в США и стремительное наращивание количества СНВ предопределило направление основных, качественно новых военно-технических задач перед ядерными оружейными центрами СССР во второй половине 60-х годов. По боевому оснащению стратегических вооружений это, прежде всего:

- разработка конструкций зарядов и ЯБП, способных выдерживать определенный уровень нагрузок, возникающих при действии поражающих факторов ядерного взрыва (ПФЯВ) средств ПРО;
- разработка термоядерных зарядов высокой удельной мощности для оснащения РГЧ ракетных комплексов РВСН и ВМФ.

Некоторые предпосылки решения этих задач ранее уже были экспериментально проверены.

Использование новых взрывчатых веществ с высокими удельными характеристиками способствовало упрочнению конструкции зарядов и снижению их веса.

В середине 60-х годов во ВНИИЭФ был разработан эффективный способ повышения удельной мощности термоядерных зарядов. Удельная мощность была увеличена практически в два раза по сравнению с зарядами, испытанными в 1961–1962 годах.

Этот способ повышения энерговыделения термоядерного узла нашел отражение в проектах нового поколения зарядов, предназначенных для оснащения, главным образом, стратегических ракет РВСН и ВМФ.

Во второй половине 60-х годов проводились исследования, связанные с выработкой концептуальных подходов к проектированию зарядов повышенной стойкости к средствам ПРО. С этой целью исследуется воздействие поражающих факторов ядерного взрыва на конструкцию заряда и ЯБП в целом. Расчеты и проектные проработки показали, что в принципе можно создать сверхпрочную боеголовку, способную выдержать воздействие мощного комплекса поражающих факторов ядерного взрыва на достаточно близких расстояниях от подрыва противоракеты, однако это потребует больших затрат веса.

Учитывая предполагаемый уровень технических характеристик средств перехвата будущей противоракетной обороны США, исследовались и рассматривались в проектных разработках конструкции как сверхпрочных, так и упрочненных к поражающим факторам ПРО боеголовок и соответственно зарядов при умеренных затратах веса.

С 1967 года развертываются полномасштабные работы по созданию термоядерных зарядов нового (третьего) поколения. В это время еще сохраняется порядок автономной разработки зарядов по весовым категориям, то есть фактически создаются унифицированные конструкции зарядов, которые одновременно могли бы быть использованы в носителях с различной полезной нагрузкой и различного назначения. Вместе с тем «весовой ряд» претерпевает заметное смещение в область меньших значений масс зарядов.

Для лабораторно-конструкторской отработки зарядов третьего поколения значительно совершенствуется экспериментальная база институтов. Создаются новые установки, в том числе для лабораторных исследований живучести зарядов и ЯБП к действию проникающих излучений, воздействию инерционных, динамических, температурных и климатических нагрузок. Кроме того, на полигонах проводятся натурные облучательные опыты по изучению воздействия излучений на конструкцию зарядов и приборы автоматики подрыва. Эти меры способствовали созданию зарядов и ЯБП с ними, отвечающих предъявленным к ним МО тактико-техническим и эксплуатационным требованиям.

2.5. Разделяющиеся головные части стратегических ракет

Впервые разделяющиеся головные части (РГЧ) стратегических ракет появились в США: в первой половине 60-х годов появились кассетные РГЧ, а через несколько лет РГЧ ИН.

Увеличение количества боевых элементов на борту ракеты кардинально изменяло боевые и тактико-технические возможности стратегических вооружений и резко повышало общее число боеголовок в РВСН и ВМФ.

РГЧ, как разновидность боевого оснащения ракеты, в отличие от моноблочной ГЧ, существенно усиливала боевой потенциал ракеты, благодаря способности поражать несколько выборочных целей, а также ее тактические возможности по преодолению атакующих средств противоракетной обороны (ПРО).

Работы по данному направлению были развернуты в полном объеме уже со второй половины 60-х годов.

При этом схема функционального построения РГЧ в своем развитии прошла два этапа, принципиально отличающихся друг от друга: вначале были разработаны РГЧ без индивидуального наведения каждого ББ на цель (так называемые РГЧ рассеивающегося или кассетного типа), а позднее с независимым индивидуальным наведением (РГЧ ИН), то есть по аналогии с эволюцией РГЧ в США.

В основе конструкции РГЧ кассетного типа, по сравнению с моноблочной ГЧ, лежал следующий принцип. На платформу РГЧ последней ступени ракеты устанавливалось несколько боевых блоков, закрывающихся общим аэродинамическим обтекателем, который сбрасывался в конце активного участка полета ракеты. Затем платформа по команде системы управления ракеты отделялась и двигалась по баллистической траектории. Над целью специальным устройством ББ разделялись и далее летели по своим траекториям.

Распределение полезной нагрузки ракеты с РГЧ на несколько боевых элементов, естественно, снижало массу боевых блоков и их мощность.

В то же время боевая эффективность нескольких менее мощных зарядов в РГЧ была более высокой по поражающему действию по сравнению с зарядом моноблочной ГЧ.

С другой стороны, в условиях противодействия ПРО для поражения всех ББ РГЧ требуется как минимум число противоракет, равное числу боевых блоков в РГЧ, то есть эффективность противоракетной обороны заметно падает из-за количественного роста необходимых средств перехвата. Таковы в общих чертах характеристики принципиальных особенностей кассетных РГЧ.

В 1967 году на вооружение Советской Армии была передана тяжелая жидкостная межконтинентальная ракета РС-20 с моноблочной ГЧ, которая была разработана в КБ «Южное» и изготавливалась на Южном машиностроительном заводе в Днепропетровске.

В ноябре этого же года в КБ «Южное» были начаты проектные работы по РГЧ кассетного (рассеивающегося) типа для оснащения этой ракеты. Для данной РГЧ был выбран испытанный до 1963 года мощный термоядерный заряд разработки ВНИИЭФ.

Летно-конструкторские испытания ракеты РС-20 с РГЧ начались уже в августе 1968 года. Постановлением Правительства от 26 октября 1970 года МБР РС-20 с первой советской РГЧ кассетного типа была принята на вооружение.

По сравнению с РГЧ кассетного типа, разделяющиеся головные части с индивидуальным наведением (РГЧ ИН), безусловно, кардинально повышали боевую эффективность МБР как за счет избирательного поражения целей, расположенных на большом расстоянии друг от друга, так и за счет тактических возможностей построения боевых порядков сложной баллистической цели РГЧ ИН в условиях противодействия ПРО.

Результатом реализации программ по РГЧ ИН был быстрый прогресс в совершенствовании технологии во всех областях, связанных со стратегическим ракетно-ядерным оружием.

В середине 60-х годов военно-промышленная комиссия СССР приняла решение о проведении в организациях МОМ и МО поисковых работ, связанных с боевым оснащением тяжелой двухступенчатой жидкостной МБР второго поколения – РС-20 разработки КБ «Южное», в том числе и разделяющимися головными частями индивидуального наведения.

Большой «забрасываемый» вес этой ракеты открывал широкие возможности выбора оптимального состава РГЧ ИН.

Были рассмотрены проекты различного состава боевого оснащения: от РГЧ ИН с несколькими ББ большой мощности до РГЧ ИН с большим количеством термоядерных зарядов.

Заряды третьего поколения разрабатывались, прежде всего, в интересах боевого оснащения стратегических ракет, в том числе с разделяющимися головными частями. Они явились основой боевого оснащения ядерных вооружений РВСН и стратегических РК ВМФ с моноблочными ракетами.

В частности, эти заряды нашли применение:

- в МБР: РС-10, РС-12, РС-14, РС-16, РС-18, РС-20 различных модификаций;
- в БРПЛ: РСМ-25 (во второй и третьей модификациях), РСМ-45, РСМ-50.

Вместе с тем заряды третьего поколения применялись в качестве боевого оснащения и в других видах ЯО: оперативно-тактических ракетах сухопутных войск; крылатых ракетах стратегического назначения, оружии противолодочной обороны с базированием на подводных лодках и надводных кораблях и торпедах ВМФ.

В этот период начали развиваться негативные явления в процессе разработки и развертывания ядерных вооружений в Советском Союзе, – создание неоправданно большого количества типов носителей и, соответственно, из-за многообразия требований к боевому оснащению, расширение номенклатуры ядерных боеприпасов.

В основе расширения количества типов систем ЯО лежало исторически сложившееся стремление к постоянному совершенствованию оружия. Однако этот процесс развивался в условиях:

- отсутствия надлежащего концептуального этапа разработки комплексов ЯО, на котором определяется технический облик оружия. Часто системы ЯО разрабатывались в ответ на появление аналогов в США;
- недостаточного, в ряде случаев, объема предпроектных исследований комплексов оружия;
- отсутствия должной координации в процессе разработки ЯО, главным образом, на уровне комплекса и т.д.

Что касается иных видов ВС и родов войск, то здесь, в дополнение к указанным причинам, росту номенклатуры ЯБП способствовало также желание заказчика оснастить ядерными зарядами комплексы вооружения, которые разрабатывались, главным образом, для ведения боевых действий в обычных военных операциях, то есть с использованием брзантных ВВ. При наличии в эксплуатации и разработке большого количества типов обычных боеприпасов (торпеды, снаряды, КР и т.п.) для выполнения широкого круга узких оперативных задач появился дополнительный арсенал таких же ядерных боеприпасов.

Появление комплексов вооружения однотипного назначения также было результатом мощной поддержки КБ-разработчиков различными влиятельными группировками в руководстве военно-промышленного комплекса СССР (что на практике нередко приводило к ситуации: сколько КБ-разработчиков, столько и типов систем оружия).

В 80-х годах были предприняты попытки упорядочить номенклатуру ЯО (с помощью более глубокой концептуальной проработки комплексов оружия, улучшения координации разработок, составления комплексных целевых программ и т.п.). Но это уже стало происходить накануне заключения договоров с США об ограничении и сокращении ядерных вооружений.

Во второй половине 70-х годов после реализации программ разработки МБР и БРПЛ, в том числе с РГЧ ИН, Советский Союз приблизился по числу стратегических наступательных вооружений и боеголовок к стратегическому ядерному потенциалу США.

18 июня 1979 года в Вене был подписан Договор ОСВ-2, который предусматривал ограничения на все компоненты стратегических наступательных вооружений. Общее число стратегических носителей ограничивалось уровнем в 2400 единиц, а с 1 января 1981 года – уровнем в 2250 единиц. При этом число МБР и БРПЛ с РГЧ ИН ограничивалось уровнем в 1200 единиц, в том числе МБР с РГЧ ИН – уровнем в 820 единиц.

Во второй половине 70-х годов США приступили к полномасштабной разработке нового поколения МБР (МХ) и БРПЛ (система Trident), исследовательские и проектные работы по которым были начаты еще в семидесятые годы.

Концептуальная основа этих проектов – «противосиловое давление» – ставила цель перед МБР МХ и БРПЛ Trident – поражение высокопрочных объектов типа шахтных пусковых установок МБР, пунктов системы боевого управления. Это была новая попытка в ходе «холодной войны» достичь превосходства в ядерных вооружениях за счет качественного совершенствования ракетно-ядерной технологии. Со стороны Советского Союза были незамедлительно приняты ответные адекватные меры.

Оборонные отрасли, в том числе и оба ядерных центра, включались в разработку новых высокоэффективных термоядерных зарядов и соответственно ББ для боевого оснащения новых перспективных:

- МБР РТ-23УТТХ (РС-22) и
- БРПЛ Р-39 (РСМ-52).

6 августа 1975 года вышло Постановление Правительства, которым МСМ, МОМ и МО поручалось выполнить НИР и поисковые работы по обеспечению в перспективных РК ВМФ существенного повышения точности прицеливания с учетом ошибок в определении места и курса ПЛ и ис-

пользования новых принципов управления ракет, а также по созданию малогабаритного ББ с соответствующими тактико-техническими характеристиками.

В соответствии с данным постановлением было поручено провести необходимые проработки и подготовить предложения по созданию термоядерного заряда для перспективного малогабаритного ББ для оснащения РГЧ ИН БРПЛ типа РСМ-52.

Проектные параметры БГ W76 для системы Trident по материалам открытых публикаций позволяли ориентировочно оценить предполагаемую удельную мощность БГ, которая была заметно выше удельной мощности аналогичного отечественного ББ, находившегося в то время на вооружении БРПЛ.

Рубеж, который предстояло преодолеть разработчикам по повышению характеристик ББ для морских баллистических ракет, был чрезвычайно высоким.

Предстояло решить задачу: создать высокоскоростной боевой блок с совершенными аэробаллистическими характеристиками конической формы и термоядерный заряд высокой удельной мощности.

Впервые, спустя двадцать лет после создания первой ГЧ для межконтинентальной ракеты, была осуществлена совместная разработка проекта ББ, оптимизированы габаритно-массовые характеристики заряда, автоматики боевого оснащения в целом и боевой ступени ракеты – РГЧ, взаимосвязаны аэробаллистические характеристики ББ, его масса, габариты, центровка, с соответствующими параметрами предполагаемого, еще не прошедшего полигонные испытания заряда и системы автоматики подрыва.

Параллельно во ВНИИЭФ и ВНИИТФ приступили к разработке термоядерных зарядов и системы автоматики подрыва в условиях ограничений, определенных параметрами корпуса ББ.

В рамках реализации данной задачи во ВНИИЭФ были разработаны проекты нескольких вариантов малогабаритного первичного атомного заряда.

Всего при реализации проекта создания малогабаритного заряда для БРПЛ РСМ-52 в период 1976–1983 годов ВНИИЭФ было проведено 33 полигонных испытания. Значительное количество полигонных испытаний явилось следствием большого числа разрабатываемых вариантов зарядов, и отчасти было связано с неудачами при испытаниях. Сказывалась также недостаточная мощность вычислительного центра в сравнении с объемом ведущихся работ.

В рамках разработки ББ для БРПЛ РСМ-52 предпринимались меры по миниатюризации систем автоматики подрыва. На этом пути были достигнуты высокие результаты: массогабаритные параметры системы автоматики подрыва, по сравнению с предыдущими поколениями, радикально улучшились.

В результате широкомасштабных работ во ВНИИТФ был создан термоядерный заряд с требуемыми параметрами. Боевой блок, разработка которого завершилась в 1985 году с этим зарядом, имел характеристики значительно выше, чем его предшественник, и отвечал необходимым тактико-техническим требованиям.

В 1987 году этот боевой блок поступил на перевооружение ракетного комплекса с БРПЛ РСМ-52.

23 июня 1976 года Постановлением Правительства КБ «Южное» и Южному машиностроительному заводу было поручено создание новой трехступенчатой твердотопливной МБР РС-22 с основными техническими характеристиками, близкими к характеристикам МБР США МХ, в том числе и по боевому оснащению. Предусматривалось, что ракета РС-22 будет иметь железнодорожное и шахтное базирование.

Разработка заряда для боевого оснащения РГЧ ИН МБР РС-22 отличалась сложным и противоречивым, порой конфликтным характером, связанным с трудностями работ по ракете в КБЮ, создававшему в первую в своей истории МБР на твердом топливе и с жесткими требованиями заказчика.

В соответствии с директивными документами ВПК и МО, обязывающих МСМ осуществить разработку боевого оснащения для ракеты РС-22, во ВНИИЭФ был разработан первый в этих целях термоядерный заряд, который успешно был испытан в 1979 году.

В январе 1982 года на совместном совещании научно-технического руководства КБ «Южное» и ВНИИЭФ было принято решение об улучшении компоновочных параметров заряда для ракеты РС-22 и снижении массы ББ за счет комплексной оптимизации заряда, корпуса ББ и уменьшения веса автоматики при обеспечении требуемого ограничения по миделю блока.

Во ВНИИЭФ был разработан и в 1984 году успешно испытан заряд с узким миделем. Разработка этого заряда, удовлетворяющего новым массогабаритным ограничениям, потребовала от специалистов института больших усилий и изобретательности.

МБР РС-22 с улучшенными тактико-техническими характеристиками, оснащенная РГЧ ИН с 10 ББ, поступила на вооружение с размещением в шахтных пусковых установках в 1989 году.

2.6. Вопросы разработки специализированных видов ядерных зарядов

Ядерные заряды обладают разнообразными поражающими факторами, которые можно разделить условно на две категории: первичные поражающие факторы, определяемые носителями энергии, выделяемой непосредственно при взрыве ядерного заряда, и вторичные поражающие факторы, образующиеся при взаимодействии первичных поражающих факторов с конкретной средой, окружающей ЯЗ. К первичным поражающим факторам, как известно, относятся:

- рентгеновское излучение;
- кинетическая энергия разлета продуктов взрыва ЯБП и носителя;
- нейтронное излучение;
- гамма-излучение;
- радионуклиды, наработанные при взрыве ЯБП, распадающиеся со временем с испусканием β и γ -излучения, а также α -частиц; определенное значение может иметь и образующееся при этом запаздывающее нейтронное излучение продуктов деления.

Подавляющая часть энергии взрыва ЯЗ выделяется в виде двух первых факторов, причем, чем выше концентрация энергии в ЯЗ, тем большая часть энергии выходит в виде рентгеновского излучения.

Нейтронное и гамма-излучение, а также часть рентгеновского излучения относятся к проникающим видам энергии ЯЗ, которые могут воздействовать на внутренние части различных объектов.

В чистом виде первичные поражающие факторы ЯВ могут существовать и определять воздействие ЯВ только в отсутствии внешней среды, то есть в космическом пространстве.

При взаимодействии первичных факторов с окружающей средой возникают вторичные поражающие факторы, к которым относятся:

- ударная волна;
- тепловое излучение;
- электромагнитный импульс;
- сейсмическое воздействие;
- радиоактивное загрязнение.

Ударная волна и тепловое излучение образуются в основном за счет взаимодействия таких первичных факторов, как рентгеновское излучение и кинетическая энергия разлета первичных продуктов с атмосферой.

Электромагнитный импульс определяется созданием электронных потоков в атмосфере за счет ее ионизации гамма-излучением.

Сейсмическое воздействие определяется воздействием на грунт ударной волны ЯВ, а также прямого воздействия рентгеновского излучения и кинетической энергии разлета первичных продуктов.

Радиоактивное загрязнение территории определяется концентрацией радионуклидов, наработанных при взрыве ЯБП, на аэрозолях грунта, и их последующим выпадением в районе взрыва и вдоль траектории движения облака взрыва. Часть этих радионуклидов может быть связана с наработкой радионуклидов, при активации нейтронами ЯЗ некоторых изотопов, содержащихся в грунте.

Такова общая качественная картина поражающих факторов, которая, конечно, не является полной; в ней, например, отсутствуют специфические особенности, связанные с воздействием первичных поражающих факторов на водную среду.

Все ядерные заряды обладают в той или иной степени рассмотренным выше набором поражающих факторов. Вместе с тем в ряде случаев возникали специальные задачи относительного усиления или ослабления отдельных поражающих факторов, или их некоторых характеристик. Ядерные заряды, в которых решались эти задачи, относятся к категории специализированных ЯЗ, действие которых связано с усилением одного или ряда поражающих факторов. Отметим, что ре-

шение этих задач достигалось специальными конструкционными особенностями ЯЗ, однако в некоторых случаях это решение могло быть достигнуто и за счет особенностей условий применения неспециализированных ЯЗ. Рассматриваемая проблематика затрагивает весьма чувствительные вопросы и в то же время связана с большим объемом усилий в реализации ядерных программ. Поэтому мы можем остановиться только на некоторых примерах этих видов работ, которые могут относиться к известным до определенной степени видам деятельности в области создания ЯО.

Важнейшим результатом совершенствования отечественного ядерного оружия явилось создание термоядерных зарядов переменной мощности, что существенно расширило возможности их боевого применения и повысило эффективность различных боевых комплексов. Принципиальное значение в создании и развитии этого нового вида ядерных зарядов имели предложения по способу регулирования мощности двухстадийного заряда на принципе разделения потока теплового излучения первичного источника на части и изменения уровня радиационной имплозии вторичного модуля двухстадийного заряда и оригинальных схем реализации этого принципа.

Необычность принципа потребовала реализации специального механизма процесса деления потока энергии и создания новых прецизионных трехмерных физико-математических моделей газодинамических процессов. Выдающаяся роль в формулировании, развитии и внедрении этих предложений принадлежит Р.И. Ильяеву.

2.6.1. Разработка ЯЗ и проблема уменьшения радиоактивного поражения

Одной из известных проблем является задача уменьшения наработки радионуклидов в ЯЗ и уменьшения радиоактивного загрязнения территории ядерным взрывом. Известность и актуальность этой задачи определяется следующими обстоятельствами:

- важностью снижения радиационных последствий ЯВ в целом ряде направлений использования ЯВ в мирных целях (например, для экскавационных работ, создания полостей для хранилищ и т.д.);
- рассмотрением радиоактивного загрязнения территории при военном применении ЯЗ, как побочного фактора, и в ряде случаев, как вредного фактора, при решении собственно военных вопросов;
- проблемой общего снижения радиоактивной нагрузки на среду обитания при использовании ЯО.

Прежде всего отметим то обстоятельство, что переход от наземного подрыва ЯЗ к условиям воздушного подрыва, удовлетворяющим ограничению $H(m) > 100 \cdot q^{1/3}$, где q – энергосодержание ЯВ в килотоннах, радикально снижает радиационное поражение территории на следе радиоактивного облака, поскольку ограничивает производство ядерным взрывом при его взаимодействии с грунтом аэрозолей, носителей радионуклидов.

Более жесткие ограничения на высоту подрыва уменьшают и радиоактивное загрязнение территории в эпицентральной зоне, сокращая, в том числе, наработку наведенной активности при активации грунта потоком нейтронов.

Эти особенности широко использовались для уменьшения радиационных последствий ЯВ в практике проведения атмосферных ядерных испытаний.

Технически решение данной задачи обеспечивается установкой в ЯБП (носитель) соответствующего элемента автоматики подрыва, который производит подрыв ЯЗ на заданной высоте.

В то же время такое решение не является универсальным для выполнения данной задачи. Оно не годится для всех случаев необходимого применения наземных взрывов, как в мирных, так и в военных целях, а также для уменьшения глобальной радиационной нагрузки. В этом случае используются соответствующие конструкционные решения. В основном эти решения состоят в следующем:

- в ограничении энергосодержания ЯЗ уровнем, действительно необходимым для решения данной задачи (отсутствии избыточного энергосодержания ЯЗ);
- в ограничении энергосодержания ЯЗ, определяемого процессом деления ядер;
- в ограничении наработки радионуклидов нейтронной активацией элементов ЯЗ, ЯБП и носителя, реализуемой за счет соответствующего выбора материалов, и мер по подавлению нейтронного потока;

- в ограничении наработки радионуклидов во внешней среде активацией нейтронным излучением, реализуемой за счет способов подавления нейтронного потока ЯЗ;
- в ограничении исходной активности ЯЗ, вносимой в среду при его взрыве, реализуемым, прежде всего, за счет уменьшения количества используемого плутония.

Следует отметить, что все эти способы редко используются одновременно, и, как правило, решается задача подавления основных видов активности в данной задаче тем или иным способом.

Рассмотрим, прежде всего, задачу исключения избыточной мощности ЯЗ. Эта задача имеет два аспекта:

- уменьшение радиоактивного загрязнения территории в непосредственной близости от места взрыва ЯЗ;
- уменьшение глобального радиоактивного загрязнения окружающей среды.

В предположении, что при фиксированном уровне радиоактивного загрязнения:

$$S_{p.z.} = L_{p.z.} \cdot d_{p.z.} \sim q, \quad L_{p.z.} \sim \sqrt{q}, \quad d_{p.z.} \sim \sqrt{q},$$

где $S_{p.z.}$, $L_{p.z.}$, $d_{p.z.}$ – площадь, длина и ширина зоны радиоактивного загрязнения на следе облака взрыва, q – энерговыделение ЯЗ, получаем, например, что при возможном уменьшении энерговыделения ЯЗ в четыре раза, длина и ширина зоны загрязнения могут быть уменьшены приблизительно в два раза (отметим приближенный характер этих оценок).

Актуальность второго аспекта имеет вполне конкретные исторические основания. Напомним, что к 1958 году ядерный арсенал США состоял из 7300 ядерных зарядов с полным энерговыделением приблизительно в 17,3 Гт. В случае использования подобного арсенала уровень глобального радиоактивного загрязнения в Северном полушарии земли составил бы через 60 суток после взрывов $S_{p.z.} = 1700$ Ки/км² при интенсивности гамма-дозы в 0,2 Р/сутки (при оценках мы приняли, что около 70% активности было выброшено в глобальный перенос атмосферой, что уровень энерговыделения за счет процесса деления составлял в ЯЗ США приблизительно 50% и что около 70% всей активности выпало через 60 суток равномерно по территории Северного полушария). При этом уровень долгосрочной активности, связанной с наработкой плутония в этих взрывах, составил бы около $1,6 \cdot 10^7$ Ки, а соответствующее глобальное радиоактивное загрязнение можно оценить в 0,06 Ки/км² (напомним, что уровень 0,1 Ки/км² по плутонию был принят в качестве критерия для отселения после Чернобыльской катастрофы).

Ясно, что такое применение ЯО в принципе было неприемлемо, и дальнейшее его развитие проходило со сдвигом во времени для США и СССР в рамках процесса снижения общего мегатоннажа ядерных арсеналов и индивидуального энерговыделения «средних» ЯЗ, входящих в их состав.

Поскольку перед ЯБП (носителем) в процессе изменения боевой ситуации могут вставать различные задачи, требующие для своего решения различных уровней энерговыделения ЯЗ, то в ряде случаев для исключения избыточных уровней энерговыделения было целесообразно оснащение ЯЗ с регулируемым уровнем энерговыделения. В соответствии с этим в зависимости от типа боевой задачи и условий ее выполнения могла бы использоваться та или иная ступень энерговыделения.

Рассмотрим теперь некоторые вопросы, связанные с уменьшением энергии, определяемой процессом деления ядер, при заданном общем энерговыделении ЯЗ, и следовательно, определяющие уменьшение осколочной активности ЯЗ. Создание подобного одностадийного (автономного) заряда, входившее в программу разработки «чистой бомбы», технически не было реализовано, и поэтому данный вопрос относится к двухстадийным термоядерным зарядам. Предположим, что E_p – это энерговыделение первичного модуля; E_s – энерговыделение вторичного модуля, α_2 – доля энерговыделения вторичного модуля за счет процесса деления. Выполнение рассматриваемой задачи предполагает обеспечение условий:

$$E_s \gg E_p; \alpha_2 \cdot E_s \ll E_s.$$

Отношение $(\alpha_2 \cdot E_s + E_p) / (E_p + E_s)$ определяет степень «чисто ядерного» энерговыделения взрыва.

По открытым данным первое испытание подобного ЯЗ «повышенной чистоты» было проведено в США в 1956 году. В СССР подобное испытание впервые было проведено в 1958 году.

Отметим, что в СССР данные разработки занимали существенное место в отработке ЯЗ для использования ядерных взрывов в мирных целях.

Решение задачи уменьшения наработки радионуклидов за счет нейтронной активации неделящихся материалов ЯЗ, ЯБП, носителя, а также грунта обеспечивается рядом способов. Прежде всего – это специальный выбор конструкционных материалов, которые заменяют делящиеся материалы во вторичном модуле. Этот выбор предполагает использование неактивируемых (слабо активируемых) материалов. Качественно подход к такому выбору может быть охарактеризован следующим образом. Предположим, что в процессе взрыва ЯЗ на материалах его элементов нарабатывается n сортов радионуклидов с количеством ядер $N_i, i = 1 \dots n$. Тогда совокупная активность подобной наработки радионуклидов составляет $C_a(t) = \sum \frac{N_i}{\tau_i} e^{-t/\tau_i}$, где τ_i – время жизни i -го типа радионуклида.

Если активность продуктов деления ЯЗ составляет $C_f(t)$, то необходимое ограничение предполагает $C_a(t)/C_f(t) \ll 1$ для значимого диапазона изменения времени t . Более аккуратный подход предполагает учет относительной безопасности различных типов радионуклидов. Так, при обеспечении экологической безопасности взрыва по отношению к какой-либо компоненте среды рассматриваемое условие может быть модифицировано в виде:

$$C_a(t)/C_f(t) \equiv \left(\sum_i \frac{N_i}{\tau_i} \Pi_i^{-1} e^{-t/\tau_i} \right) / C_f(t) \Pi_f^{-1}(t) \ll 1,$$

где Π_i, Π_f – предельно допустимое содержание i -го радионуклида и продуктов деления в данной среде. Это соотношение справедливо в отсутствии сепарации продуктов деления и активируемых радионуклидов при их поступлении в данную среду.

Отдельный вопрос связан с наработкой тритиевой активности в самом термоядерном горючем. Уменьшение тритиевой активности обеспечивается выбором специального вида термоядерного горючего и созданием необходимого режима его горения.

Уменьшение нейтронной активации грунта, а также материалов внешних элементов взрывающейся системы (носитель, контейнер, часть ЯБП и т.д.) может обеспечиваться также ослаблением нейтронного потока за счет использования специальных нейтронно-замедляющих и нейтронно-поглощающих материалов.

Оптимальные уровни подавления тритиевой активности и активности, наведенной в грунте, должны определяться соотношениями, подобными тем, которые приведены выше для ограничения активности, наведенной в ЯЗ.

Ограничение исходной активности, заложенной в ЯЗ, определяется, прежде всего, возможностями уменьшения массы плутония, используемого в заряде. В этом случае также можно рассматривать ограничения вида:

$$C_{Pu} \Pi_{Pu}^{-1} / C_f(t) \Pi_f^{-1}(t) \ll 1,$$

где C_{Pu} – активность заложенного плутония, а Π_{Pu} – предельно допустимое содержание плутония в данной среде.

2.6.2. Нейтронная бомба

Известным примером специализации ЯЗ является разработка «нейтронной бомбы», то есть заряда, обладающего существенно более высоким удельным выходом (на единицу энергосвечения) нейтронов по сравнению с обычными ядерными зарядами. Разработка подобных ЯЗ приобрела в 70-е годы скандальную известность в связи с тем, что прямым (и, как излагалось в прессе, единственным) объектом их поражения являлись люди. Нередко считалось, что применение подобных ЯЗ позволит сохранить материальные ценности, уничтожив население и войска.

Разработка «нейтронных зарядов» и оснащение этими зарядами боеголовок тактических ракет, артиллерийских снарядов и авиабомб ЯО США и НАТО предполагала в результате их использования уменьшение побочного ущерба в условиях военных действий на густонаселенной территории Европы.

Удельный выход нейтронов K в процессе деления составляет:

$$N_n \approx \left[(9-1) - \frac{\sigma_c}{\sigma_f} \right] N_f \equiv K N_f,$$

где 9 – число вторичных нейтронов, образующихся в одном акте деления; σ_f и σ_c – эффективные сечения деления ядер и нейтронного захвата в делящейся среде, N_n – число наработанных нейтронов; N_f – число делений.

Разумеется, что определенная таким образом характеристика удельного выхода $K = N_n/N_f$ является верхней характеристикой для возможностей чисто ядерных зарядов, поскольку определенная часть нейтронов, выходящая из делящейся среды, будет энергетически ослаблена и поглощена во внешних частях ЯЗ, ЯБП и т.д.

При использовании конкретных данных можно оценить $K = 2$ для Pu-239 и $K = 1,5$ для U-235. Принимая условно среднее значение $K = 1,75$, получим, что удельный выход нейтронов из чисто ядерных зарядов не превышает $2,65 \cdot 10^{23}$ н/кт. При этом нейтронный спектр не будет жестче спектра деления ядер, и средняя энергия нейтронов не превосходит $\bar{E}_n = 2,1$ МэВ.

Для термоядерного горючего в виде ДТ-смеси в условиях, когда роль термоядерных реакций дейтерий+ дейтерий мала, все определяется процессом $T+D = n + He-4 + 17,6$ МэВ. При этом энергия термоядерного нейтрона составляет $E_n = 14,1$ МэВ, а остальные 3,5 МэВ приходятся на энергию ядер He-4.

Удельный выход нейтронов в данном процессе составляет $N_n^1 = 1,48 \cdot 10^{24}$ н/кт при учете собственной энергии нейтронов.

По сравнению с чисто ядерным процессом, термоядерный процесс дает выигрыш в удельном выходе нейтронов от 5,6 до 28,1 раз, и при этом энергия нейтрона в среднем в 6,7 раз выше. Разумеется, это также верхние оценки, поскольку часть нейтронов будет замедлена и поглощена внутри ЯЗ, ЯБП и т.д.

Другим важным моментом при оценке сравнительных возможных характеристик наработки нейтронов в чисто ядерном и термоядерном заряде является следующее обстоятельство.

Как отмечалось выше, проблема создания автономного термоядерного заряда («чистой бомбы») не была решена и поэтому «нейтронная бомба», использующая термоядерное горение, по определению представляет собой двухстадийный ЯЗ, в котором энерговыделение первичного модуля основано на процессе деления, а энерговыделение вторичного модуля основано на термоядерном горении. Таким образом, при фиксированном общем энерговыделении двух ЯЗ удельный выход нейтронов термоядерного заряда будет уменьшен по сравнению с предельными характеристиками, рассмотренными выше, из-за вклада в общее энерговыделение доли ядерного первичного модуля.

Для проведения дальнейших оценок мы сделаем ряд чисто условных предположений. Мы примем, что энерговыделение первичного и вторичного модулей примерно одинаково, и что в термоядерное энерговыделение дает вклад примерно половина общего энерговыделения термоядерной реакции в 17,6 МэВ. В этих предположениях удельный выход нейтронов «нейтронной бомбы» можно оценить на уровне $1,65 \cdot 10^{24}$ н/кт. Таким образом, в этих предположениях можно прогнозировать, что переход в рассматриваемых видах оружия от чисто ядерных зарядов к «нейтронной бомбе» позволяет при равном энерговыделении увеличить выход нейтронов в шесть раз.

В середине 70-х годов США развернули обширную программу по созданию нейтронных зарядов для оснащения различных видов вооружений. Это был военный и политический вызов, который требовал адекватного ответа.

Во ВНИИЭФ и ВНИИТФ были разработаны заряды переменной мощности с повышенными специальными поражающими факторами. Для решения этой задачи потребовалось создать специальные первичные бустированные источники в существенно асимметричной конфигурации. Фундаментальная научная проблема, которую необходимо было решить в ходе разработки, была связана с необходимостью исправления исходной асимметрии в процессе имплозии и обеспечением устойчивости работы бустерного режима. Эта проблема была успешно решена во ВНИИЭФ под научным руководством Р.И. Илькаева. В результате этого был создан целый ряд специальных зарядов, и тем самым был дан ответ на вызов США.

2.6.3. Рентгеновский лазер с ядерной накачкой

Одним из важных вопросов исследования возможностей использования энергии ядерного взрыва для создания устройств с направленной передачей энергии является вопрос о возможности создания, прогнозируемых характеристиках и особенностях воздействия рентгеновских лазеров.

По открытым данным в рамках программы разработки рентгеновского лазера в США в период с 1978 по 1988 год было проведено не менее 10 ядерных испытаний.

Таблица 3.12. Распределение ядерных испытаний США в рамках программы разработки рентгеновского лазера по годам

Год	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Всего
Число ЯИ	1	0	1	0	0	2	1	2	1	1	1	10

При этом одно испытание проводилось в штольне, а девять испытаний проводились в скважинах. Три испытания относились к категории взрывов с энерговыделением менее 20 кт, а семь испытаний – к категории взрывов с энерговыделением в диапазоне от 20 до 150 кт. В подавляющем числе экспериментов ведущим разработчиком выступала LLNL.

В качестве рабочего тела рентгеновского лазера рассматривалась плазма, создаваемая из атомов с достаточно высокой степенью ионизации. Энергия ядерного взрыва, выделяющаяся в основном в виде рентгеновского излучения, использовалась для создания подобной плазмы. В условиях термодинамического равновесия в плазме $\alpha_2 - \alpha_1 < 0$; $\alpha_1 / \alpha_2 = e^{\Delta E_{1,2}/T}$, где $\alpha_2 = N_2 / q_2$, $\alpha_1 = N_1 / q_1$ – коэффициенты заполнения верхнего (2) и нижнего (1) энергетических уровней; N_2 и N_1 – средние числа электронов на уровнях (2) и (1); q_2 и q_1 – статистические веса уровней; $\Delta E_{1,2}$ – энергетический переход между уровнями (1) и (2); T – температура среды.

Необходимым условием для того, чтобы плазма была рабочим телом лазера, является условие инверсии $\alpha_2 - \alpha_1 > 0$ которое должно обеспечиваться в процессе накачки плазмы первичным рентгеновским излучением ядерного взрыва.

Обеспечение направленности лазерного излучения достигается за счет конфигурации рабочего тела лазера в виде тонкого длинного стержня.

Для оценки гипотетических потоков энергии лазерного излучения в вакууме рассмотрим два предположения. В первом варианте предположим, что энергия лазера составляет $\chi \sim 1\%$ от полной энергии ядерного устройства накачки в $E = 1$ Мт, и будем предполагать, что длина лазерных стержней составляет $L = 4$ м при их диаметре $d = 1$ мм. В этом случае поток энергии лазерного излучения на расстоянии R в «световом» пятне составит:

$$q = \frac{\chi E}{4\pi R^2 \delta} = \frac{\chi E L^2}{\pi d^2 R^2} = 21,4 \text{ кДж/см}^2$$

при расстоянии до цели $R = 1000$ км.

При уровне энерговыделения ядерного устройства $E = 100$ кт и длине лазерных стержней 2 м поток энергии на этом расстоянии уменьшится в 40 раз и составит уже 0,54 кДж/см².

В открытой литературе обычно обсуждается длина волны около 1 нм (10 Å), чему соответствует энергия лазерного излучения в 1,25 кэВ. Такое излучение в сильной степени поглощается атмосферой, и достаточная прозрачность обеспечивается только на больших высотах. Так, например, при расстоянии $R = 1000$ км оптическая толщина атмосферы к рассматриваемому излучению составляет 0,32 пробега при высоте $H = 150$ км и 0,065 пробега при высоте $H = 200$ км; в то же время на высоте $H = 100$ км расстоянию в $R = 1000$ км соответствует для рассматриваемых квантов 9,8 пробега.

Из этих оценок следует, что характерная область потенциального применения рентгеновского лазера находится на достаточно больших высотах $H \geq 150$ км.

В условиях типичных небольших длительностей действия лазерного импульса (не превышающих длительности выхода излучения накачки из ядерного взрывного устройства) характер воз-

действия излучения на цель имеет вид импульсного удара. Величина импульса может быть оценена исходя из условия испарения и разлета поверхностного слоя облучаемого объекта

$$J = \int_0^{m_0} \sqrt{2(\mu \varepsilon_0 e^{-\mu m} - Q)} dm,$$

где ε_0 – падающий поток энергии лазерного излучения; μ – коэффициент поглощения лазерного излучения в оболочке цели; Q – теплота испарения оболочки материала цели; m_0 – максимальная массовая глубина прогрева, при которой тепловыделение $\varepsilon(m_0)$ превосходит Q .

В наших условиях

$$J = 2\sqrt{2} \frac{1}{\mu} \left[\sqrt{\varepsilon_0 \mu - Q} - \sqrt{Q} \arctg \sqrt{\frac{\mu \varepsilon_0}{Q} - 1} \right] \approx 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu}}.$$

Масса испаряемого материала составляет

$$m_0 = \frac{1}{\mu} \ln \frac{\mu \varepsilon_0}{Q}.$$

Для типичных видов материалов оболочек целей из алюминия или магния (или их сплавов) величина импульса, полученного оболочкой, может быть оценена для первого в $J \approx (5,1-5,7) \cdot 10^4$ г·см/сек на см² и для второго в $J = (0,8-0,9) \cdot 10^4$ г·см/сек на см² из рассматриваемых выше примеров. Характерные массы материала оболочек, испаряемых лазерным излучением, составляют для рассматриваемых примеров $(1,1-1,45) \cdot 10^{-2}$ г/см² и $(0,55-0,75) \cdot 10^{-2}$ г/см² соответственно, а средние скорости разлетающихся паров составляют (46–40) км/сек и (14,5–12) км/сек соответственно. Вопросы возможной прочности корпусов ступеней БР и их элементов выходят за пределы рассматриваемого материала. Для грубых оценок, если принять, что скорость разрушения составляет $\geq 0,01$ скорости звука, то при линейной массе оболочки 1 г/см² и скорости звука 5 км/сек получим, что величина разрушающего импульса составляет $0,5 \cdot 10^4$ г·см/сек на см².

2.7. Физические установки и облучательные опыты для исследования воздействия ПФЯВ

Физические облучательные опыты являлись наиболее сложным, потенциально опасным видом испытаний, отличающимся большим разнообразием по целям экспериментов, составу техники, физическим измерениям, системам обеспечения безопасности. В этих экспериментах, как правило, участвовали представители различных министерств и ведомств, количество испытателей доходило до 1000 человек. Отсюда возникали сложности и проблемы в обеспечении разнообразных условий нагружения различных видов техники, особые требования к обеспечению безопасности опыта на всех стадиях его подготовки и проведения. Велико многообразие происходящих при этом физических процессов и возникающих проблем, охватывающих временной диапазон от 10^{-9} секунд и до 10^5 лет.

Достаточно сказать, что разработчики военной техники должны извлечь свои объекты с расстояния сотен метров после взрыва ядерного заряда килотонного класса и доставить их радиационно «чистыми» в свои конструкторские бюро и институты для дальнейших исследований.

Именно в физических облучательных опытах была наиболее остро осознана необходимость выработки новых подходов к обеспечению безопасности испытаний, выработаны новые критерии, разработаны и внедрены новые технические решения, которые стали использоваться в практике проведения подземных ядерных испытаний.

Особо отметим, что технология проведения подземных ядерных испытаний обеспечила полную радиационную безопасность населения в прилегающих к полигонам районах: во всех подземных испытаниях СССР средняя годовая доза отдельных групп из населения (группа Б) составляла не более нескольких процентов от установленных в СССР санитарных норм и правил.

Сравнение характеристик разработанных российских физических установок с аналогичными установками США показывает близость функционального и конструктивного оформления многих

элементов, однако количественные характеристики, важные для целей опыта, как мы могли убедиться на Невадском полигоне, существенно превосходят американские, при более чем на порядок меньшей их стоимости.

Принципиально отметить, что достижения последних лет, которые определяют современный облик технологии ядерных испытаний, связаны с новым поколением ученых и специалистов, пришедших в ядерные центры в начале семидесятых годов.

В конце 50-х – начале 60-х годов в США и СССР проводились уникальные многоплановые эксперименты по изучению действия ядерного взрыва в космосе. В 1961 году Ю.А. Романов первым обратил внимание на то, что исследование поражающего воздействия космического взрыва на военную технику можно более информативно изучать в специальных подземных ядерных испытаниях.

В СССР все подземные облучательные опыты были проведены в штольнях. В рамках программы в интересах отработки оружия облучательные опыты составляли около 10% от числа подземных испытаний.

Первые опыты проводились в редакции, когда испытываемые объекты не извлекались после воздействия, и поэтому физическая установка (система защитных сооружений) должна была гарантировать отсутствие посторонних воздействий (в первую очередь, высокоскоростных газовых струй) на объекты исследований лишь в течение времени измерений их реакции на воздействие.

Наиболее технически сложный эксперимент в этом классе был проведен ВНИИЭФ в начале 70-х годов. Целью испытаний была проверка работы ядерного заряда после облучения (Б.Д. Бондаренко, Р.И. Илькаев, В.Н. Михайлов).

Сложность эксперимента состояла в том, что для того, чтобы проявились все эффекты воздействия на заряд, необходимо было гарантированно обеспечить его сохранность в течение 5 секунд на достаточно близких расстояниях, когда на него могло действовать не только давление продуктов взрыва, распространяющихся по трубе КВИ, но и мощное сейсмическое воздействие (характерные перегрузки в массиве около тысячи g). Была разработана специальная система защитных сооружений и так называемый железобетонный «плавающий» бокс диаметром около трех метров, который снизил сейсмические нагрузки на заряд и обеспечил измерения характеристик облученного заряда.

В 1972 году были проведены первые специализированные подземные эксперименты ВНИИЭФ и ВНИИТФ с извлечением объектов после облучения. В опыте ВНИИЭФ впервые в практике подземных испытаний объекты исследований размещались на дневной поверхности. Физическая установка ВНИИТФ была построена на основании других принципов работы защитных сооружений.

Физические установки первого поколения обеспечивали характерные размеры облучаемых объектов, находящихся на неизвлекаемых позициях, в один метр.

Физические установки второго поколения развивались в направлении увеличения площадей облучения, увеличения потоков излучений, увеличения безопасности испытаний, повышения экономических характеристик и т.д.

В 80-е годы во ВНИИЭФ были разработаны физические установки, работающие в экстремальных условиях. Для проверки правильности заложенных технических решений при создании стойкой элементной базы необходимо было создать технологию испытаний в подземных облучательных опытах, которая бы позволяла проводить опыты ежегодно и при этом обеспечивать полную экологическую безопасность – ведь объекты испытаний передавались предприятиям, не предназначенным для работы с приборами, которые загрязнены радиоактивными веществами.

Как правило, при проведении крупномасштабных физических опытов председателем Государственной комиссии назначался либо кто-то из руководителей МСМ, либо из руководителей 12 ГУ МО.

В опыте 1977 года председателем Государственной комиссии был генерал-майор А.В. Малунов, а научным руководителем Ю.А. Трутнев. На опыт приехали также Л.Д. Рябев, в то время директор ВНИИЭФ, и А.А. Бриш, в то время главный конструктор НИИ автоматики. Надо сказать, что они оба с самого начала поддерживали разработку этой технологии и принимали самое непосредственное участие в разработке отдельных элементов.

Фактически в этих опытах были проверены и защищены новые технические решения, положенные в основу стойкой радиоэлектронной элементной базы, новых приборов и устройств, устойчивых к воздействию поражающих факторов ядерного взрыва.

Физические установки третьего поколения развивались в направлении унификации для широкого класса мощностей зарядов, увеличения площадей облучения, повышения надежности и безопасности на качественно новом уровне.

Современная физическая установка (ФУ) состоит из:

- заряда-облучателя;
- канала вывода излучений (КВИ);
- системы защитных сооружений;
- формирователей необходимых полей нагружения на облучательных позициях;
- облучательных позиций с объектами исследования;
- измерительных систем контроля работы физической установки;
- измерительных систем контроля реакции объектов исследования на воздействие ядерного взрыва;
- технических систем реагирования в случае возникновения аварийных ситуаций;
- системы управления элементами физической установки.

Использовались различные типы телескопических каналов вывода излучений (воздушные, вакуумные, гелиевые). Характерный размер вакуумных КВИ в местах установки объектов были около трех метров, гелиевых КВИ – около пяти метров.

Гелиевые каналы по своим характеристикам, занимая промежуточное положение между вакуумными и воздушными каналами, позволили существенно упростить и удешевить технологию испытаний, однако потребовали значительно больших технологических и организационных усилий.

Нетривиальными были работы по получению пониженного атмосферного давления в обычных штольнях. В течение 24 часов в объеме штольни 10000 кубических метров поддерживалось давление 100–300 мм ртутного столба и обеспечивалось нормальное функционирование элементов физической установки.

В последние годы перед мораторием применялась новая технология вакуумных КВИ много-разового использования, основанная на концепции гибкого конструирования.

Система защитных сооружений состоит из нескольких систем предохранения и может обеспечить извлечение объектов с близких расстояний.

Одним из главных показателей системы защитных сооружений является уровень перехвата радиоактивных продуктов взрыва и исключение паразитного действия на объекты исследований.

Для демонтажа объектов и последующей работы с ними на предприятиях различных министерств (специально не оборудованных для работы с радиоактивными веществами), а также для исключения переоблучения испытателей выше допустимых норм необходимо, чтобы защитные сооружения обеспечивали коэффициент ослабления тугоплавких радиоактивных продуктов взрыва (Zr-95, Ce-144, Ри-239 и т.д.) не менее 10^9 , радиоактивных благородных газов – не менее 10^8 .

В 80-е годы в связи с размещением объектов облучения и измерительных фургонов на большой площади вне штольни было обращено внимание на вопросы уменьшения выхода радиоактивных благородных газов из массива; тщательно выбиралось расположение концевой бокса, газовость грунта в зоне плавления должна быть менее 0,1%, проводилось сейсмозондирование, были сформулированы требования к геофизическим и геологическим параметрам массива, были также ужесточены требования на выбор метеоусловий для опыта и т.д.

Опыты с выводом излучений из штольни не только позволили значительно сократить затраты и время на подготовку испытаний, но и перейти к полномасштабному облучению крупногабаритных объектов военной техники.

В последних опытах для измерения характеристик физической установки и реакции объектов исследований использовалось несколько тысяч высокочастотных кабелей, задействовались десятки фургонов. Временной диапазон измеряемых величин – от 10^{-9} сек до 10^5 сек.

Многие элементы технологии проведения облучательных опытов в последние годы стали использоваться при проведении «обычных» ядерных испытаний.

Появление в США в 1983 году программы стратегической оборонной инициативы (СОИ) еще более обострило проблемы научно-технической политики в области ядерных вооружений.

Военно-стратегическая концепция США в начале 80-х годов стала носить все более выраженный наступательный характер. Вводились в строй новые ракеты Trident II и Pershing II; увеличивался объем производства крылатых ракет ALCM и Tomahawk; закончилась разработка ракеты MX. Равновесие сил явно нарушалось, необходимо было принять адекватные меры.

Научно-технический прогресс привел к созданию высокоточных средств первого удара. Десять лет назад трудно было представить, что угол расходимости доставки современных ББ составит 10^{-5} (отклонение 100 м на дальности 10000 км). Такое стало возможным, в первую очередь, благодаря сложнейшей системе функционирующей автоматики ракет на активном участке траектории (стадии разведения ББ) и прогрессу в технологиях материалов, ракетного топлива и т.д.

Советский Союз оказался перед труднейшим выбором: создать собственную СОИ было невозможно из-за финансовых трудностей, которые испытывала оборонная промышленность; пойти на риск и объявить о возможности нанесения нами первого упреждающего удара в случае соответствующих подозрений в возможном нанесении его противником было невозможно вследствие абсолютной неприемлемости этого шага и для народа, и для советского руководства. В этих условиях оборонной промышленности и военным было предложено найти «асимметричный ответ», то есть предложить такого рода научные и инженерные решения, которые были бы, по существу, нейтрализовали СОИ, но исключали бы всякую возможность первого упреждающего удара. Одновременно считалось совершенно необходимым, чтобы финансовые затраты на предложенные решения были бы на один-два порядка меньше, чем затраты США на программу СОИ, а лучше вообще не выходили бы из заранее запланированных границ оборонного бюджета.

Ответ на этот вопрос был – необходимо сделать ракеты, в первую очередь их наиболее уязвимые элементы – систему управления с БЦВМ, такими, чтобы они выдерживали весь набор поражающих факторов ядерного взрыва, не ослабленного влиянием многокилометровой атмосферы, так как удар будет нанесен в открытом космосе. В этот набор входили: электромагнитный импульс, проникающее рентгеновское излучение и обусловленный им вторичный электромагнитный импульс, возникающий внутри металлического корпуса ракеты, сверхмощные рентгеновское и нейтронное излучения, и, наконец, огромная суммарная доза рентгеновского излучения. Практически это означало, что необходимо повысить стойкость ракет к ПФЯВ на несколько порядков, что для ракетной электроники и БЦВМ представлялось задачей полуфантастической.

В 1982 году вышло постановление ВПК о создании элементов электроники, стойких к ПФЯВ, – от сверхбольших интегральных микросхем (СБИС) до конденсаторов и транзисторов. К работе было привлечено более 600 различных организаций – НИИ, КБ, лаборатории вузов. Разработка научных основ создания стойких к ПФЯВ изделий электронной техники проводилась в тесном взаимодействии с рядом ведущих организаций Министерства среднего машиностроения СССР, в первую очередь с ВНИИЭФ, ВНИИТФ и НИИИА. Эти организации уже имели определенный опыт, поскольку ядерный заряд, разрабатываемый ими, обладает достаточно сложной электроникой, и эта аппаратура традиционно была защищена от ПФЯВ.

В 1985 году на совещании в ВПК было констатировано, что изделия электронной техники, стойкие к действию ПФЯВ, созданы в СССР.

В результате проведения организациями Минатома, Минобороны, оборонных отраслей промышленности, институтами РАН масштабной работы, была поставлена и в короткий срок решена задача защиты ракетных комплексов от действия ведущих поражающих факторов ЯВ, и разработаны методы и способы значительного (на порядок) повышения стойкости РКТ.

В 70–80 годы СССР и США поставили на вооружение ракетные комплексы, стойкие к действию поражающих факторов ядерного взрыва.

В эти годы были созданы системы ядерного оружия с характеристиками, обеспечивавшими сдерживание, созданы новые технологии, в том числе технологии ядерных испытаний, разработаны и внедрены новые моделирующие установки, которые позволили нашей стране выйти на передовые позиции в мире.

2.8. Ядерные испытания и физико-математическое моделирование работы ядерных зарядов

В разработке ядерного оружия ключевую роль играют две компоненты – ядерные материалы и система физико-математических моделей (СФММ) работы ядерных зарядов. Роль ядерных испытаний в основном состояла в проверке выводов СФММ и в предоставлении экспериментальных материалов для ее расширения и развития. В отсутствии ядерных испытаний было бы чрезвычайно сложно обосновать ядерные оружейные разработки, хотя по мере накопления опыта категоричность этого утверждения смягчается, а термин «достаточная степень» наполняется конкретным смыслом. Проблема определяется уникальным характером физических процессов, происходящих при взрыве ядерного заряда в нем самом, при воздействии взрыва на окружающую среду, и отсутствием ряда лабораторных возможностей для их адекватного моделирования.

Взрыв ЯЗ включает в себя разнообразные процессы, связанные с гидродинамикой среды, детонацией взрывчатых веществ, переносом излучения и нейтронов, термоядерным горением, развитием неустойчивостей и т.д. Отдельный комплекс вопросов возникает в связи с:

- формированием вторичных поражающих факторов, создаваемых при взаимодействии ядерного взрыва со средой (например – формирование ударной волны и светового излучения ЯВ в атмосфере; сейсмической волны в грунте);
- формированием воздействия поражающих факторов ядерного взрыва на поражаемые объекты.

Ситуация осложняется тем, что многие виды процессов протекают одновременно. Различные стадии процессов характеризуются принципиально разными масштабами, отличающимися на несколько порядков в их скорости и длительности. В этих условиях основной научно-технический вывод в разработке ЯЗ (после реализации принципиальной возможности создания ядерного заряда) состоял в установлении детерминистского характера развития ряда основных этапов ядерного взрыва. Именно эта особенность, априори не очевидная, сделала ядерный взрыв не просто физическим феноменом, а оружием, и в ее установлении принципиальное значение играли ядерные испытания.

По своему характеру разработка ядерных зарядов представляла собой, прежде всего, создание системы адекватных физико-математических моделей, описывающих все стадии ядерного взрыва. На основе СФММ и на базе существующего парка ЭВМ создавались модели работы ЯЗ и определялись их характеристики. В ядерных испытаниях проверялось соответствие расчетных характеристик ЯЗ и параметров, регистрируемых средствами диагностики. Проведение разнообразных ядерных испытаний пионерских разработок, модернизаций ЯЗ, повторных взрывов ЯЗ, развитие видов и возможностей средств диагностики содействовали совершенствованию СФММ, повышая точность и надежность расчетов ЯЗ, определяя границы их применимости.

Таким образом, хотя СФММ работы ЯЗ представляет собой продукт научного творчества, только достаточное количество ядерных испытаний позволили придать ей должную достоверность, конкретизировать и расширить ее содержание. Только располагая таким инструментом, можно прогнозировать поведение ЯЗ в различных ситуациях, разрабатывать эффективные способы проектирования ЯЗ. В этом и состоит основное научно-техническое значение ядерных испытаний.

Принципиальным является вопрос о представительности ядерных испытаний каждого типа ЯЗ для всей производимой серии этого оружия. Любой тип ЯЗ имеет конкретную физико-математическую модель работы, конструкцию и технологию производства, внутри которых отдельные экземпляры ЯЗ данного типа считаются идентичными. В то же время, конечно, каждый экземпляр ЯЗ в той или иной степени индивидуален и отличается от других экземпляров в пределах нормативных допусков. Принципиальным требованием к разработке и производству ЯЗ является условие, чтобы и схема заряда и нормативные допуски были таковы, чтобы фактические различия между экземплярами ЯЗ данного типа не были бы существенны для работы и характеристик ЯЗ.

Развитие СФММ и система конструкторского проектирования ЯЗ должны позволять осуществлять необходимый отбор схем ЯЗ и определять требуемый уровень контроля производства. Тот факт, что этому условию можно в принципе удовлетворить, следует из успешной практики ядерных испытаний.

На определенной стадии развития ядерного оружия возникает вопрос о достижении достаточной степени адекватности СФММ. При этом речь может идти как о возможности обеспечения необходимых гарантий для созданного боезапаса, так и о возможности разработки новых ЯЗ без ядерных испытаний. На оба эти вопроса не могут быть даны общие однозначные ответы.

С одной стороны в боезапасе находились некоторые виды ядерных боеприпасов, которые были испытаны за 20–30 лет до этого, и с тех пор не переиспытывались, хотя возможность проверки их работы постоянно существовала. В соответствии с этим возможен положительный ответ: существующая практика предполагала обеспечение необходимых гарантий для отдельных типов ЯЗ без возобновления их ядерных испытаний в течение достаточно длительного времени. При этом, конечно, необходимо учитывать такие факторы, как надежность ЯЗ, предъявляемые к ЯЗ требования и место ЯЗ в иерархии ядерных вооружений. В ряде случаев без ядерных испытаний производилось расширение допустимых условий взрыва ЯЗ, гарантийных сроков, конструкционных характеристик. С другой стороны, многие виды модернизации ранее разработанных ЯЗ проходили через ядерные испытания, и эта практика знает неожиданные результаты.

Таким образом, ответ на первый вопрос зависит как от конкретных особенностей рассматриваемого ЯЗ, так и от степени и вида изменений, воздействий, которым подвергается ЯЗ. Иногда возможностей СФММ было достаточно для выдачи заключения с требуемой достоверностью, а иногда было необходимо проведение ядерных испытаний.

Рассмотрим теперь вопрос о том, может ли быть разработан без полигонных испытаний новый ядерный заряд и будет ли этот ЯЗ удовлетворять требованиям, предъявляемым к ядерному оружию. Очевидно, что этот вопрос допускает утвердительный ответ. Действительно, каждый ЯЗ прежде всего проходил стадию разработки, а затем испытывался, и, как правило, прогнозируемые характеристики в основном совпадали с данными испытаний. В том случае, если схема разрабатываемого заряда была достаточно надежной и если к характеристикам ЯЗ не предъявлялись слишком жесткие ограничивающие требования, результаты испытаний практически всегда были удовлетворительными. При этом необходимо иметь в виду, что отсутствие возможности прямой проверки работы ЯЗ потребует дополнительного увеличения надежности его схемы и снизит некоторые характеристики заряда, однако не должно быть никаких сомнений в том, что это будет настоящее ядерное оружие. С другой стороны, наличие жестких ограничений на схему ЯЗ может привести к недостаточной достоверности прогноза работы ЯЗ на основе СФММ.

Подчеркнем, что эти выводы основаны на практике разработки ядерного оружия СССР, и их конкретное значение может быть несколько иным в отношении возможностей других государств или при изменении ситуации в одном и том же ядерном государстве.

Степень достоверности и универсальности СФММ определяется как конкретными особенностями физико-математического содержания и структуры моделей, так и объемом проверки ее выводов в различных ситуациях. При этом, чем в большем количестве ядерных испытаний апробированы выводы модели, чем разнообразнее типы и степень надежности ЯЗ, проходящих ядерные испытания, чем информативнее используемые в испытаниях средства диагностики, тем при прочих равных условиях эффективнее СФММ, позволяющая рассчитать все это многообразие параметров и ситуаций. Когда изученное поле различных систем и параметров становится достаточно большим, для решения различных вопросов разработки ЯЗ формируется целая система аналогов, и при этом возникает возможность использования методов экспертных оценок с минимальным применением прямых расчетов СФММ.

СФММ работы ЯЗ при несомненной общности своей основы может иметь у различных ядерных государств существенные индивидуальные черты, которые определяются не только различным конкретным пониманием задач, выбором существенных элементов физических процессов и методов их описания, возможностями ЭВМ, но и особенностями опыта, полученного в испытаниях ЯЗ. Именно это отличает СФММ, созданные в ядерных государствах, друг от друга и от аналогичных систем моделей, которые могут быть в принципе разработаны неядерными государствами или отдельными группами ученых.

Поскольку СФММ представляют собой элементы системы знаний, то их фрагменты могут в принципе распространяться за пределы ядерных государств вследствие публикаций, миграции специалистов, незаконной передачи информации и т.д. При этом отдельные неядерные государства

смогут совершенствовать свои системы моделей, которые будут теперь в той или иной степени учитывать опыт ядерных государств, практический опыт результатов ядерных испытаний. В этом состоит проблема распространения ядерных оружейных знаний, являющаяся, наряду с проблемой распространения ядерных материалов и ядерных промышленных технологий, одной из главных компонент проблемы обеспечения нераспространения ядерного оружия.

2.9. Характеристики ядерных испытаний СССР и США в период проведения подземных ядерных испытаний

2.9.1. Ядерные испытания в 1963–1976 годах

Представляет интерес сравнить динамику проведения ЯИ в СССР и США в период с 1963 по 1976 год, то есть с момента вступления в действие в августе 1963 года Договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах по 1976 год включительно, когда начали действовать положения Договора 1974 года об ограничении подземных ядерных испытаний уровнем энерговыделения менее 150 кт. При этом Советский Союз прекратил проведение всех ЯИ с энерговыделением более 150 кт в конце 1975 года, а Соединенные Штаты, в соответствии с положением Договора, – после 31 марта 1976 года.

В таблице 3.13 приведена общая численность всех ЯИ СССР и США ($N_{ЯИ}$), а также общая численность всех подрывов ЯЗ ($N_{ЯЗ}$) в рассматриваемый период по годам. Различие в количестве $N_{ЯИ}$ и $N_{ЯЗ}$ обусловлено тем, что ряд ЯИ представлял собой совокупность испытаний нескольких ЯЗ. Технология проведения ЯИ с подрывом нескольких ЯЗ получила существенное развитие в СССР и позволила в значительной степени преодолеть первоначальный технологический разрыв между США и СССР в проведении подземных ЯИ.

Важное значение в этот период времени получили работы по проведению ядерных взрывов в мирных целях для решения различных промышленных задач. Некоторые ЯВ в мирных целях также представляли собой взрывы нескольких ядерных зарядов, то есть имели групповой характер. Данные таблицы 3.13 включают в себя всю совокупность ядерных взрывов.

Из таблицы 3.13 видно, что в рассматриваемый период времени США провели 476 ядерных испытаний и ядерных взрывов в мирных целях со взрывом 551 ядерного заряда и устройства. СССР провел в этот период 235 ядерных испытаний и ядерных взрывов в мирных целях со взрывом 305 ядерных зарядов и устройств. Таким образом, США по сравнению с СССР провели в этот период в два раза больше ЯИ и взорвали при этом в 1,8 раза больше ЯЗ.

Таблица 3.13. Динамика полного числа ядерных испытаний и ядерных взрывов в мирных целях, взрывов ядерных зарядов и устройств СССР и США с 1963 по 1976 год

	Год	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
СССР	$N_{ЯИ}$	0	9	14	18	17	17	19	16
	$N_{ЯЗ}$	0	9	15	19	23	23	24	21
США	$N_{ЯИ}$	18	47	39	48	42	56	46	39
	$N_{ЯЗ}$	20	50	40	49	42	72	61	60
	Год	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Всего	
СССР	$N_{ЯИ}$	23	24	17	21	19	21	235	
	$N_{ЯЗ}$	29	31	22	27	35	27	305	
США	$N_{ЯИ}$	24	27	24	23	22	21	476	
	$N_{ЯЗ}$	28	32	27	26	23	21	551	

Для более точного сравнения оружейных программ ЯИ СССР и США в таблице 3.14 приведены значения $N_{ЯИ}$ и $N_{ЯЗ}$ за вычетом количеств ЯИ и ЯЗ, относящихся к ядерным взрывам в мирных целях; для США также исключены ЯИ и ЯЗ, которые относятся к испытаниям, проводившимся совместно с Великобританией на Невадском полигоне.

Таблица 3.14. Динамика ядерных испытаний и взрывов ядерных зарядов СССР и США с 1963 по 1976 год

	Год	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
СССР	<i>N_{ЯИ}</i>	0	9	10	16	16	13	15	13
	<i>N_{ЯЗ}</i>	0	9	10	17	22	17	20	18
США	<i>N_{ЯИ}</i>	17	39	37	44	39	52	45	38
	<i>N_{ЯЗ}</i>	19	42	38	45	39	64	60	57
	Год	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Всего	
СССР	<i>N_{ЯИ}</i>	15	16	12	15	16	18	184	
	<i>N_{ЯЗ}</i>	19	23	17	21	32	24	249	
США	<i>N_{ЯИ}</i>	23	27	23	22	22	20	448	
	<i>N_{ЯЗ}</i>	27	32	24	25	23	20	515	

По данным таблицы 3.14 в рассматриваемый период времени, за вычетом ядерных взрывов в мирных целях, США провели 448 ЯИ, в которых было взорвано 515 ЯЗ, в то время как СССР провел 184 ЯИ, в которых было взорвано 249 ЯЗ. Таким образом, США имели превосходство в 2,4 раза по числу ЯИ и в 2,1 раза по числу взорванных ЯЗ.

По данным таблицы 3.14 рассматриваемый период делится на два этапа: с 1963 по 1970 год и с 1971 по 1976 год. В течение первого этапа количество проведенных ЯИ и взорванных ЯЗ США превосходило соответствующие параметры СССР в 3,4–3,2 раза, а на втором этапе – в 1,5–1,1 раза. Это изменение между первым и вторым этапом обусловлено, в основном, сокращением интенсивности проведения ЯИ США.

2.9.2. Подземные ядерные испытания большой мощности

Поскольку Договор 1974 года накладывает ограничения на мощность ядерных испытаний, то представляют интерес данные по характеристикам проведения ядерных испытаний СССР и США большой мощности. В качестве таковых ЯИ мы выбрали взрывы ядерных зарядов с энерговыделением не менее 200 кт. Данная граница обусловлена наличием соответствующей информации в официальных публикациях Министерства энергетики США. В таблице 3.15 приведено распределение по годам числа взрывов ЯЗ большой мощности (включая ЯЗ в составе групповых ЯИ) для СССР и США.

Из таблицы 3.15 видно, что положение с ядерными взрывами большой мощности существенно отличается от общего состояния с проведением взрывов ЯЗ (таблицы 3.13 и 3.14). В рассматриваемый период времени США провели 26 взрывов ЯЗ данной категории, в то время как СССР провел 31 взрыв ЯЗ этого класса. Полное энерговыделение этих взрывов, проведенных США, может быть оценено на уровне 21–22 Мт, что практически совпадает с полным энерговыделением ядерных взрывов этой категории СССР – 21,5 Мт.

Таблица 3.15. Динамика проведения взрывов мощных ЯЗ СССР и США с 1963 по 1976 год

Год	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
СССР	0	0	0	2	0	0	2	3
США	1	0	0	2	1	3	3	2
Год	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Всего	
СССР	3	3	5	3	10	0	31	
США	1	0	1	0	5	7	26	

Это обстоятельство определило и близость общего мегатоннажа всех ЯИ, проведенных СССР (27,3 Мт) и США (32 Мт) за рассматриваемый период, несмотря на почти двукратную разницу в общем количестве взорванных ядерных зарядов. Отметим также, что за вычетом энерговыделения

взорванных ЯЗ большой мощности полное энерговыделение взрывов остальных ЯЗ (10,5 Мт для США и 5,8 Мт для СССР) примерно пропорционально числу взорванных зарядов.

Важно отметить, что при близости объемов программ проведения мощных ядерных взрывов в СССР и США, технологии их реализации имеют существенные отличия. Так, все 26 ЯВ большой мощности США представляли собой индивидуальные испытания в скважинах. В то же время из 31 ЯВ большой мощности СССР 26 взрывов было проведено в штольнях и 5 – в скважинах. Такая специфика определялась различными возможностями Невадского и Новоземельского полигонов. Из 26 ЯВ большой мощности США 23 ЯВ были проведены на Невадском полигоне, 2 ЯВ – на острове Амчитка и 1 ЯВ – в северной Неваде. Все 31 ЯВ большой мощности СССР были проведены на Новоземельском полигоне.

Таким образом, при общем существенном превосходстве США в проведении ЯИ в данный период мы можем констатировать паритет в отношении проведения категории ядерных взрывов большой мощности. Этот паритет сохранялся и в последние годы перед вступлением в действие Договора. В период с 1974 года до момента вступления в силу Договора 31 марта 1976 года Советский Союз провел 13 ядерных взрывов большой мощности, а Соединенные Штаты – 12 ядерных взрывов этого класса.

При анализе вопросов, связанных с Договором 1974 года, необходимо учитывать, что ЯВ большой мощности были, несомненно, тяжелым бременем для Невадского полигона, и в этом плане для СССР положение было проще, поскольку Новоземельский полигон находился вдали от районов жизнепользования.

2.9.3. Разработка ядерных зарядов и ядерные испытания в условиях действия Договора 1974 года

Общей характеристикой масштабов реализуемых ядерных программ может по-прежнему служить интенсивность количества ЯИ и числа взорванных в них ЯЗ. В таблице 3.16 приведено распределение этих величин по годам для СССР и США. Эти величины включают в себя для СССР ядерные взрывы в мирных целях (в США эта программа была прекращена после 1973 года), для США – совместные с Великобританией ядерные взрывы на Невадском полигоне.

Данные таблицы 3.16 охватывают период с 1977 года по 1990 год для СССР (последнее ЯИ СССР было проведено 24 октября 1990 года), и период с 1977 года по 1992 год для США (последнее ЯИ США было проведено 23 сентября 1992 года). Всего за рассматриваемый период СССР провел 259 ядерных испытаний и ядерных взрывов в мирных целях, в которых было взорвано 443 ядерных заряда и устройства. Соответственно США за это время провели 247 ядерных испытаний, в которых было взорвано 267 ядерных зарядов. Эти данные говорят о том, что в реализации программ ядерных испытаний произошел перелом; СССР стал опережать США.

Таблица 3.16. Динамика ядерных испытаний и ядерных взрывов в мирных целях, взрывов ядерных зарядов и устройств СССР и США с 1977 по 1992 год

	Год	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
СССР	<i>Н_{ЯИ}</i>	24	31	31	24	21	19	25	27	10
	<i>Н_{ЯЗ}</i>	36	55	52	43	37	34	37	43	19
США	<i>Н_{ЯИ}</i>	20	21	16	17	17	19	19	20	18
	<i>Н_{ЯЗ}</i>	23	22	16	17	17	19	20	20	18
	Год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Всего	
СССР	<i>Н_{ЯИ}</i>	0	23	16	7	1	0	0	259	
	<i>Н_{ЯЗ}</i>	0	39	29	11	8	0	0	443	
США	<i>Н_{ЯИ}</i>	15	15	15	12	9	8	6	247	
	<i>Н_{ЯЗ}</i>	15	17	18	16	11	10	8	267	

То же самое относится и к объемам ядерных испытаний в собственных оружейных целях. В таблице 3.17 приведены аналогичные данные по интенсивности проведения ЯИ и ЯВ для СССР и США без учета ядерных взрывов в мирных целях и без учета ЯИ, проводившихся США совместно с Великобританией.

Таблица 3.17. Динамика ядерных испытаний и взрывов ядерных зарядов СССР и США с 1977 по 1992 год

	Год	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
СССР	<i>N_{ЯИ}</i>	17	22	22	19	16	11	16	16	8
	<i>N_{ЯЗ}</i>	29	45	39	38	32	26	28	31	17
США	<i>N_{ЯИ}</i>	20	19	15	14	16	18	18	18	17
	<i>N_{ЯЗ}</i>	23	20	15	14	16	18	19	18	17
	Год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	Всего	
СССР	<i>N_{ЯИ}</i>	0	17	14	7	1	0	0	186	
	<i>N_{ЯЗ}</i>	0	33	27	11	8	0	0	364	
США	<i>N_{ЯИ}</i>	14	14	15	11	8	7	6	230	
	<i>N_{ЯЗ}</i>	14	16	18	15	10	9	8	250	

По этим данным СССР в рассматриваемый период провел 186 ЯИ, в которых было взорвано 364 ЯЗ, а США провели 230 ЯИ, в которых было взорвано 250 ЯЗ. Таким образом, в этот период СССР опережал США по числу взорванных ЯЗ в 1,65–1,45 раза с учетом или без учета ЯВ в мирных целях соответственно. В период с 1980 по 1984 год СССР опережал США в интенсивности проведения ЯВ в 2,1–1,8 раза (с учетом и без учета ЯВ в мирных целях). Общий мегатоннаж ЯИ, проводимых СССР, в это время также стал превышать общий мегатоннаж ЯИ, проводимых США (10,9 Мт по сравнению с 6 Мт в период, начиная с 1977 года).

Благодаря этому, к моменту окончания ЯИ СССР по общему количеству проведенных взрывов ЯЗ уже не слишком уступал США (969 взрывов ЯЗ СССР и 1151 взрывов ЯЗ США). В 80-е годы был достигнут и численный паритет объемов ядерных арсеналов СССР и США.

В 1985 году отлаженная система ядерных испытаний в СССР практически перестала существовать. Моратории М.С. Горбачева в 1985–1986 годах, 1989–1990 годах и 1991 году уничтожили отработанную практику работ, и хотя ядерные взрывы в промежутках между мораториями проводились, их практическое значение было уже невелико. Эти действия стимулировали развитие экологических движений вокруг ядерных полигонов СССР (прежде всего вокруг основного Семипалатинского полигона), и по существу объединились с ними в борьбе за прекращение ядерных испытаний в СССР.

Особенности технологий разработки ЯЗ мощностью более 150 кт на новом этапе, в условиях действия Договора, определялись следующими основными задачами:

- модернизацией разработанных ранее зарядов большой мощности (в основном в области совершенствования характеристик первичных модулей);
- разработкой новых зарядов большой мощности;
- исследованиями особенностей работы некоторых зарядов большой мощности;
- проверкой работы некоторых зарядов большой мощности из боезапаса.

В этих целях в рассматриваемый период было проведено 51 испытание (взрыв) ядерных зарядов. Из них 34 испытания было проведено ВНИИЭФ и 17 испытаний – ВНИИТФ. В это число не входят отдельные ЯИ, связанные собственно с отработкой модернизируемых первичных модулей.

Основная часть работ была связана с разработкой новых ЯЗ, что определялось, в частности, новыми габаритно-массовыми требованиями к ЯЗ этого поколения. В этих целях было проведено в общей совокупности 34 ЯИ.

Следует отметить, что работа в условиях неполномасштабного взрыва приводила в ряде случаев к трудностям в интерпретации результатов испытаний и определении уровня полномасштабного энерговыделения. Для решения этих вопросов требовались значительные усилия специалистов, совершенствование физико-математического моделирования процессов, происходящих в ЯЗ, и более мощные вычислительные возможности. В ряде случаев требовалось проведение дополнительных ядерных испытаний. Процесс разработки новых ЯЗ стал более трудоемким, длительным и дорогим. Таковы были неизбежные издержки, связанные с Договором.

Глава 4

Влияние соглашений об ограничении ядерных вооружений на структуру ядерных арсеналов

СОДЕРЖАНИЕ

1. ДОГОВОР 1974 ГОДА ОБ ОГРАНИЧЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ДОГОВОР 1976 ГОДА О ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВАХ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ	168
1.1. Краткая история заключения Договоров	168
1.2. Военно-технические и технологические предпосылки заключения Договоров	169
1.3. Содержание Договора между СССР и США об ограничении подземных испытаний ядерного оружия	169
1.4. Содержание Договора между СССР и США о подземных ядерных взрывах в мирных целях	171
1.5. Проблема контроля Договора 1974 года	172
2. РАЗРАБОТКА РАКЕТ СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ И ДОГОВОР О РСМД	172
2.1. Баллистические ракеты средней дальности	172
2.2. О разработках крылатых ракет США	175
2.3. О военно-технических аспектах Договора между СССР и США по ликвидации ракет средней и меньшей дальности	177
3. СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ СССР К 1991 ГОДУ И ПРОБЛЕМА ОГРАНИЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ	180
3.1. Состояние СЯС СССР к 1991 году	180
3.2. Характеристики СНВ СССР	182
3.2.1. Количественные и технические характеристики СЯС	182
3.2.2. Характеристики развертывания стратегической авиации	184
3.2.3. Характеристики развертывания БРПЛ	185
3.2.4. Характеристики развертывания МБР	187
3.3. Характеристики СНВ США	189
3.3.1. Количественные и технические характеристики СЯС	189
3.3.2. Характеристики развертывания стратегической авиации	191
3.3.3. Характеристики развертывания БРПЛ	192
3.3.4. Характеристики развертывания МБР	193
3.4. Сравнение общих характеристик СНВ СССР и США	194
3.5. Дезинтеграция СССР и СИСТЕМА СНВ	197
3.5.1. Состояние и перспективы МБР	197
3.5.2. Состояние и перспективы БРПЛ	199
3.5.3. Состояние и перспективы системы ТБ	199
3.5.4. Итоговые характеристики стратегических ядерных сил РФ, определяемые дезинтеграцией СССР	200
4. НОВОЕ СООТНОШЕНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ СИЛ	201
4.1. Стабильность биполярного мира	201
4.2. Распад СССР и кризис СНВ России	203
4.3. Угроза потери ядерного сдерживания для России	204
5. ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ	205
5.1. Развитие систем противовоздушной обороны в США	205
5.2. Развитие противоракетной обороны в США	207
5.3. Положение перед заключением Договора по ПРО 1972 года. Задачи создания ПРО	208
5.4. Появление РГЧ и их влияние на ПРО	211
5.5. Развитие в США программ противоспутникового оружия	215
5.6. Стратегическая оборонная инициатива США	216

5.7. Обсуждение возможностей создания совместной системы ПРО	220
5.8. Программа создания ограниченной национальной системы ПРО США	221
6. О ПОЛНОМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ	222
6.1. Проблема полного запрещения ядерных испытаний	222
6.2. Содержание Договора о ВЗЯИ 1996 года	225
6.3. Повышение эффективности контроля за соблюдением ДВЗЯИ на основе использования региональных малоапертурных микрогрупп, развернутых у границ контролируемого района	225

1. ДОГОВОР 1974 ГОДА ОБ ОГРАНИЧЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ДОГОВОР 1976 ГОДА О ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВАХ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

1.1. Краткая история заключения Договоров

В годы, последовавшие после заключения Московского договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах, проходили напряженные, длительные и трудные переговоры о запрещении подземных ядерных взрывов. Переговоры велись в основном в рамках Комитета по разоружению, в состав которого первоначально входило 18 государств. Комитет начал работать в марте 1962 года. В 1969 году состав Комитета был расширен до 26 участников, в 1975 году – до 31 участника, а в 1979–1986 годах – до 40 участников, включая пять ядерных государств. В 1984 году этот орган был переименован в Конференцию по разоружению. Позиции СССР и США и их союзников по Варшавскому договору и НАТО не находили взаимопонимания в вопросах контроля – установления процедур международных инспекций на местах для проверки и идентификации сомнительных сейсмических явлений. СССР отстаивал позицию, согласно которой национальные средства обнаружения и идентификации сейсмических явлений в должной мере обеспечивают контроль над соблюдением государствами обязательств по прекращению подземных ядерных испытаний. США, Англия и их союзники по НАТО выдвигали требования установления международной инспекции на местах для установления характера неясных сейсмических событий. В этом вопросе позиции сторон не находили согласия и в переговорах по данной проблеме к середине 60-х годов создался застой.

Крупным событием начала 70-х годов явилось улучшение советско-американских отношений. В 1972 и 1974 годах состоялись визиты в СССР президента США Ричарда Никсона, а в 1973 году поездка Л.И. Брежнева в Соединенные Штаты. В ноябре 1974 года состоялась встреча во Владивостоке Л.И. Брежнева с вступившим незадолго до этого на пост президента США Джеральдом Фордом. В ходе состоявшихся встреч руководителей двух государств был заключен ряд важных договоров и соглашений по вопросам ограничения стратегических вооружений, противоракетной обороны и др. Среди этих соглашений 3 июля 1974 года был подписан Договор об ограничении подземных испытаний ядерного оружия. Договор предусматривал обязательство сторон запретить, предотвратить и не производить подземные испытания ядерного оружия мощностью свыше 150 килотонн, начиная с 31 марта 1976 года. Контроль над соблюдением Договора должен осуществляться каждой стороной национальными техническими средствами. Договор не распространялся на подземные ядерные взрывы в мирных целях (соответствующий Договор о них был подписан 28 мая 1976 года). Подписанный в тот же день протокол предусматривал в целях обеспечения контроля национальными техническими средствами обмен данными, касающимися испытательных полигонов и проводимых испытаний ядерного оружия, а также сведениями относительно двух предыдущих ядерных испытаний для целей калибровки сейсмографической аппаратуры.

Советско-американский Договор об ограничении испытаний ядерного оружия явился показателем усилий двух ядерных держав проложить путь к прекращению всех таких испытаний и стремлений СССР и США к упрочнению разрядки в их взаимоотношениях. Он явился выражением намерений этих держав положить конец разработкам мощных ядерных вооружений. Договором закладывалась основа разработки принципов контроля за прекращением менее мощных ядерных взрывов вплоть до их полного запрещения.

К 31 марта 1976 года Договор об ограничении подземных ядерных испытаний не был ратифицирован США и СССР, однако стороны, начиная с этой даты, ограничили мощность испытаний верхним пределом 150 кт. В течение более десяти лет национальные средства контроля США и СССР бдительно следили за деятельностью ядерных полигонов друг друга. Иногда сейсмический сигнал от ядерного взрыва выходил за пределы установленной калибровкой нормы. Тогда диплома-

ты Государственного департамента США или Министерства иностранных дел СССР начинали обмениваться запросами, объяснениями или просто обвинениями.

Совместные советско-американские ядерные эксперименты в 1988 году и последующие изменения в статье договора о взаимном контроле мощных испытаний создали условия для ратификации договора. Советский Союз ратифицировал договор 9 октября 1990 года, а Соединенные Штаты – 8 декабря 1990 года. 11 декабря 1990 года в Хьюстоне состоялся обмен ратификационными грамотами.

1.2. Военно-технические и технологические предпосылки заключения Договора

К середине 70-х годов ядерное оружие США и СССР, особенно стратегическое, достигло высокого уровня как в части военно-технических характеристик, так и развития инфраструктуры. Плоды технической революции в материаловедении, радиоэлектронике, вычислительной, ракетной и авиационной технике в первую очередь находили воплощение в новых системах ЯО. Опережающую роль в повышении эффективности ЯО начинает играть существенное улучшение точности средств доставки боеголовок, а также создание РГЧ ИН с повышенной способностью преодоления противоракетной обороны. Забрасываемый полезный вес ракет оставался прежним или увеличивался незначительно, поэтому многозарядность оснащения достигалась за счет перехода на более легкие и малогабаритные боеголовки. Взаимная увязка таких параметров, как прочность шахтных пусковых установок потенциального противника, точность доставки боеголовок, число боеголовок и ложных целей для эффективного преодоления противоракетной обороны, привела к оптимизации мощности боеголовок.

С другой стороны, в области создания мощных ядерных зарядов ряд задач был успешно решен в период 1961–1962 годов, а новые существенные достижения были реализованы в период с 1966 по 1975 год. Таким образом, можно отметить, что к рассматриваемому времени задача создания новых ядерных зарядов большой мощности уже не имела существенного приоритета в развитии ЯО СССР.

В то же время Договор не должен был препятствовать решению задач модернизации созданных к тому времени ядерных зарядов, в первую очередь за счет улучшения различных параметров первичных модулей. Уровень ограничения энерговыделения ядерных испытаний в 150 кт представлял такую технологическую возможность, и она была активно использована в дальнейшем в различного типа неполномасштабных испытаниях.

Более сложные вопросы возникали в случае необходимости разработки новых достаточно мощных зарядов с уровнем энерговыделения заметно большим 150 кт, которые нельзя было реализовать в виде простой модернизации уже созданных зарядов. Однако и здесь не было непреодолимых препятствий, поскольку проблема испытания новых ядерных зарядов в неполномасштабных режимах не была новой для наших специалистов. С начала создания двухстадийных ядерных зарядов (РДС-37; опыт 29 ноября 1955 года) ряд испытаний вторичных модулей проводился на неполную мощность. Достаточно сказать, что уже в период 1956–1958 годов в 7 испытаниях вторичный модуль испытывался на неполную мощность. При этом использовались различные способы снижения энерговыделения.

Важным вопросом при разработке новых ядерных зарядов в условиях испытаний с неполномасштабным энерговыделением является вопрос о точности определения номинального энерговыделения. Этот вопрос нередко играл существенную роль при сдаче ядерного заряда заказчику или при конкурсном характере разработки нового заряда.

1.3. Содержание Договора между СССР и США об ограничении подземных испытаний ядерного оружия

Договор подписан в Москве 3 июля 1974 года, однако из-за сомнений США в эффективности возможностей его контроля долгое время не был ратифицирован.

31 марта 1976 года госдепартамент США объявил, что «на ближайшее будущее у нас нет планов проведения испытаний оружия большой мощности – выше предела в 150 килотонн». 2 апреля 1976 года было опубликовано сообщение ТАСС о том, что «Советский Союз не намерен предпринимать каких-либо действий, несовместимых с положениями Договора (от 3 июля 1974 года), при том понимании, что США, со своей стороны, будут поступать аналогичным образом».

Договор состоит из преамбулы, пяти статей и протокола.

Согласно статье I Договора СССР и США взяли на себя обязательство, начиная с 31 марта 1976 года, запретить, предотвратить и не проводить любые подземные испытания ядерного оружия мощностью свыше 150 килотонн в любом месте, находящемся под их юрисдикцией и контролем. Кроме того, стороны обязались ограничить свои подземные ядерные испытания минимальным количеством.

В статье I подтверждается намерение обоих государств продолжить переговоры, с тем чтобы в будущем решить проблему прекращения всех подземных испытаний ядерного оружия.

В соответствии со статьей III договора его положение не распространяется на подземные ядерные взрывы, осуществляемые в мирных целях.

Договор и прилагаемый к нему протокол предусматривают детально разработанные условия контроля над выполнением обязательств, взятых на себя участниками Договора.

В целях обеспечения контроля за соблюдением положений Договора каждая из сторон использует имеющиеся в ее распоряжении национальные технические средства. Применение средств контроля должно соответствовать общепризнанным нормам международного права и не выходить за рамки этих целей в ущерб безопасности или национальным интересам сторон.

В протоколе к Договору регулируются вопросы о взаимном обмене информацией об испытательных полигонах ядерного оружия и о проводимых испытаниях такого оружия. Это связано с тем, что на эффективность и точность работы телесейсмических устройств, обнаруживающих подземные взрывы и определяющих их мощность, влияет целый ряд естественных факторов, и прежде всего типы пород, в которых проводится взрыв. Поэтому, для того чтобы обеспечить необходимую точность регистрации сейсмических сигналов, важно знать основные геологические и геофизические характеристики полигонов. Обмен такими данными предусматривается протоколом.

Только после проведения совместного эксперимента 1988 года на Невадском (США) и Семипалатинском (СССР) полигонах технические возражения к Договору были сняты, и он вступил в силу 11 декабря 1990 года. Следует специально подчеркнуть, что после 31 марта 1976 года стороны не проводили деятельность, противоречащую условиям Договора, хотя время от времени предъявляли друг другу претензии в нарушении его условий.

Приведем для иллюстрации ряд ключевых определений.

Термин «подземное испытание ядерного оружия» означает либо одиночный подземный ядерный взрыв, проведенный на полигоне, либо два или более подземных ядерных взрыва, проведенных на полигоне в пределах района, ограниченного окружностью с диаметром два километра, и проведенных в пределах общего периода времени 0,1 секунды. Мощностью испытания является суммарная мощность всех взрывов в этом испытании.

Термин «взрыв» означает выделение ядерной энергии из зарядного контейнера.

Термин «зарядный контейнер» означает в отношении каждого взрыва контейнер или кожух для одного или более ядерных взрывных устройств.

Полигонами для Сторон являются: Северный испытательный полигон (Новая Земля) и Семипалатинский испытательный полигон для Союза Советских Социалистических Республик; и Невадский испытательный полигон для Соединенных Штатов Америки.

Для целей Договора все подземные ядерные взрывы на полигонах рассматриваются как подземные испытания ядерного оружия и подпадают под все положения Договора.

Для целей контроля за соблюдением Договора в дополнение к использованию имеющихся национальных технических средств контроля контролирующая Сторона имеет право:

а) в отношении испытания, имеющего планируемую мощность, превышающую 50 килотонн, осуществлять любой вид или все виды деятельности по контролю, связанные с применением гидродинамического метода измерения мощности в отношении каждого взрыва в испытании;

б) в отношении испытания, имеющего планируемую мощность, превышающую 50 килотонн, осуществлять любой вид или все виды деятельности по контролю, связанные с применением сейсмического метода измерения мощности;

с) в отношении испытания, имеющего планируемую мощность, превышающую 35 килотонн, осуществлять любой вид или все виды деятельности по контролю, связанные с инспекцией на месте.

Сторона, проводящая испытание, имеет право провести испытание, имеющее планируемую мощность, превышающую 35 килотонн, в полости с объемом, превышающим 20000 кубических метров, только если Стороны договорятся о мерах контроля в отношении такого испытания.

В целях применения сейсмического метода измерения мощности контролирующая Сторона имеет право проводить независимые сейсмические измерения на трех выделенных сейсмических станциях на территории Стороны, проводящей испытание.

1.4. Содержание Договора между СССР и США о подземных ядерных взрывах в мирных целях

Договор подписан 28 мая 1976 года в Москве и в Вашингтоне, однако из-за сомнений США в эффективности возможностей его контроля долгое время не был ратифицирован.

Договор состоит из преамбулы, девяти статей и протокола.

В преамбуле отмечается, что стороны подтверждают свою верность целям запрещения испытаний ядерного оружия в трех средах и нераспространения ядерного оружия, а также, исходя из желания выполнить статью III Договора между СССР и США об ограничении подземных испытаний ядерного оружия, приняли дополнительные обязательства, регулирующие все подземные ядерные взрывы в мирных целях.

Статья II Договора содержит определение понятий, касающихся подземных ядерных взрывов в мирных целях («взрыв», «взрывное устройство», «групповой взрыв»).

В статье III Договора подтверждается, что СССР и США, согласившись соблюдать обязательства, взятые по данному договору и по другим международным соглашениям, сохраняют за собой право:

а) проводить мирные ядерные взрывы в любом месте, находящемся под их юрисдикцией или контролем, за пределами географических границ испытательных полигонов, обозначенных в соответствии с положениями Договора между СССР и США об ограничении подземных испытаний ядерного оружия;

б) проводить, участвовать и помогать проведению подобных взрывов на территории другого государства по просьбе такого другого государства.

Одновременно стороны согласились запретить, предотвращать, не проводить и не помогать проведению где бы то ни было:

- любые отдельные взрывы мощностью свыше 150 килотонн;
- любые групповые взрывы суммарной мощностью свыше 1,5 мегатонны;
- любые взрывы, проводимые не в осуществление мирного применения;
- любые взрывы, не соответствующие положениям Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, Договора о нераспространении ядерного оружия и других международных соглашений.

Стороны также согласились дополнительно рассмотреть вопрос о проведении отдельных взрывов в мирных целях мощностью свыше 150 килотонн.

Контроль за соблюдением Договора должен осуществляться следующим образом: во-первых, путем использования сторонами имеющихся в их распоряжении национальных технических средств контроля в соответствии с общепризнанными нормами международного права; во-вторых, посредством предоставления друг другу информации о планируемых подземных ядерных взрывах в мирных целях, а также доступа к местам взрывов на определенных условиях, которые четко определены в протоколе к настоящему Договору.

Договор вступил в силу 11 декабря 1990 года одновременно с Договором об ограничении подземных испытаний ядерного оружия.

1.5. Проблема контроля Договора 1974 года

Одной из проблем, возникших вместе с Договором 1974 года, явилась проблема контроля его выполнения. Предполагалось, что контроль энерговыделения взрыва будет осуществляться на основе регистрации сейсмических сигналов, создаваемых взрывом, станциями, расположенными за пределами территории государства, проводящего испытания. Существующая обширная статистика результатов сейсмического контроля советских ядерных испытаний показывает в целом хорошее согласие этих оценок с официальными результатами экспериментов.

Тем не менее, после заключения Договора 1974 года систематически поднимался вопрос о необходимости уточнения контроля его выполнения. Военно-технические аргументы, обосновывающие такую необходимость, отсутствовали. Погрешность сейсмического контроля, укладываемая вблизи контролируемой границы в диапазон отклонений менее 20% от уровня энерговыделения, вполне достаточна для целей Договора. Возможность эффективного гашения сейсмических сигналов для взрывов такой мощности практически отсутствует. Даже проведение одной из сторон нескольких ядерных взрывов с мощностью, существенно превышающей пороговое значение 150 кт, не могла заметно повлиять на баланс ядерных сил.

Несмотря на абсолютно ясную ситуацию, вопрос о контроле жил своей жизнью, и в конце концов, под занавес советской ядерной программы реализовался в 1990 году в виде нового соглашения между СССР и США – Протокола к Договору между СССР и США об ограничении подземных испытаний ядерного оружия. Этот достаточно громоздкий документ, подписанный президентами СССР и США, характерен тщательной регламентацией условий обеспечения контроля. Протокол предусматривал для контролирующей стороны возможность проведения инспекций горной выработки и проведения собственных контрольных измерений для двух испытаний в год на каждом полигоне.

2. РАЗРАБОТКА РАКЕТ СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ И ДОГОВОР О РСМД

2.1. Баллистические ракеты средней дальности

К стратегическим видам ядерного оружия относились также баллистические ракеты средней дальности с ядерными боеголовками. Исторически это был первый тип ядерного ракетного вооружения, который был создан в СССР.

Первым ракетным комплексом средней дальности была система с ракетой Р-5М. Ее максимальная дальность составляла 1200 км, что позволяло поражать цели на части территории Европы. Разработка ракеты Р-5М была определена постановлением Правительства от 10 апреля 1954 года, а ее разработчиком было ОКБ-1, руководимое С.П. Королевым. Основные характеристики ракеты Р-5М приведены в таблице 4.1. Летные испытания этой ракеты проводились в 1955–1956 годах на полигоне «Капустин Яр». В их рамках 2 февраля 1956 года было проведено первое натурное испытание ракеты с ядерным взрывом. Небольшой срок службы этой ракеты определился быстрым прогрессом в создании баллистических ракет, в результате чего они были заменены на ракеты более совершенной системы Р-12.

Разработка ракеты Р-12 была определена постановлением Правительства от 13 августа 1955 года, а ее разработчиком было ОКБ-586, руководимое М.К. Янгелем. Летные испытания ракеты проводились в 1957–1958 годах на полигоне «Капустин Яр». По сравнению с Р-5М, была существенно увеличена дальность (до 2100 км), что позволило расширить диапазон целей. Важным достоинством ракеты был отказ от криогенного топлива. Первоначально ракеты Р-15, так же как и ракеты Р-5М, размещались на пусковых установках на поверхности грунта, что определяло их уязвимость по отношению к превентивной атаке противника. Поэтому вскоре была разработана модернизация системы Р-15У, которая размещалась в ШПУ, а также и в наземных пусковых установках.

Ракета Р-15 была широко развернута в середине 60-х годов, и хотя их стали заменять на комплекс «Пионер», часть их находилась на вооружении до 1990 года, когда они были ликвидированы в соответствии с Договором о РСМД. Основные характеристики ракеты приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Основные характеристики ракет средней дальности

Индекс ракеты	ТП	ЧС	ПУ	М, т	Д, м	ДМ, м	ЗВ, т	ГЧ	КВО, м	ПВ	СВ	США
Р-5М	ЖК	1	Н	28.6	20.7	1.65	1.35	МГЧ	650	июнь 1956	1961	SS-3
Р-15 Р-15У	ЖХ	1	Н Н; ШПУ	47.1	22.1	1.65	1.6	МГЧ	2100	март 1959 января 1964	1990	SS-4
Р-14 Р-14У	ЖХ	1	Н Н; ШПУ	86.3	24.4	2.4	2.1	МГЧ	2100	апр. 1961 января 1964	1984	SS-5
Пионер Пионер УТТХ	Т	2	А	37	16.5	1.8	1.75	МГЧ 3 РГЧ ИН	560 430	март 1976 декабрь 1980	1988–1991	SS-20
ОТР-22 (Темп-С)	Т	2	А	9.7	12.4	1	-	МГЧ	300 – 370	1980	1988–1991	SS-12М
ОТР-23 (Ока)	Т	1	А	4	7.5	1	-	МГЧ	370	80-е годы	1988–1991	SS-23

Примечание. ТП – топливо, ЖК – жидкое криогенное топливо, ЖХ – жидкое хранимое топливо, Т – твердое топливо; ЧС – число ступеней; ПУ – пусковая установка, Н – наземная, Ш – шахтная, ЖД – железнодорожная, А – автодорожная; М – масса; Д – длина; ДМ – диаметр; ЗВ – забрасываемый вес; ПВ – принятие на вооружение; СВ – снятие с вооружения; США – наименование, принятое в США.

Существенное увеличение дальности было достигнуто при разработке РСД Р-14, которая была развитием ракеты Р-12. Разработка ракеты была определена постановлением Правительства от 2 июля 1958 года, и ее разработчиком также было ОКБ-586. Летные испытания ракеты проводились в 1960 году на полигоне «Капустин Яр». Первоначально ракета Р-14 размещалась в наземных пусковых установках, а ее модернизация Р-14У размещалась в ШПУ. Дальность ракеты в 4500 км позволяла поражать цели практически на всей территории Европы. Ракета находилась на вооружении до 1984 года, когда она была заменена на комплекс «Пионер».

Мобильной РСД грунтового базирования большой дальности была ракета «Пионер», которая представляла собой двухступенчатую ракету, созданную на базе разработки МБР «Темп-2С», на основе ее первой и второй ступеней. Ракета имела две модификации, одна из которых была оснащена МГЧ и имела дальность около 5000 км, а другая была оснащена тремя РГЧ ИН и имела дальность около 5500 км. Разработка проводилась Московским институтом теплотехники (МИТ) под руководством главного конструктора А.Д. Надирадзе. Система «Пионер» являлась основным видом ракет средней дальности СССР. В 1988–1991 годах она была ликвидирована в соответствии с Договором о РСМД.

К РСД относительно небольшой дальности (менее 900 км) относилась ракета ОТР-22 («Темп С»). Особенностью этой ракеты являлось использование твердого топлива и мобильность – ее пусковая установка смонтирована на транспортёре. Эта ракета основывалась на разработках второй и третьей ступеней МБР «Темп-2С», которая являлась первой попыткой разработки МБР мобильного базирования. Разработчиком ракеты был МИТ. МБР «Темп-2С» не была принята на вооружение, хотя и производилась, а РСД «Темп-С» была развернута в значительном количестве.

Еще одной ракетой, подпавшей под действие Договора о РСМД, была мобильная БР грунтового базирования (на транспортёре) ОТР-23, которая имела дальность около 500 км. Ее характеристики также приведены в таблице 4.1.

Представляет интерес сравнить программы развития ракет средней дальности в СССР и США.

Первой действующей баллистической ракетой промежуточной дальности США была Redstone. Хотя эта ракета находилась на вооружении недолго (с 1958 по 1964 год), ее значение для американской ракетной программы было велико. Еще в ноябре 1944 года компании General Electric бы-

ло поручено провести исследование возможности разработки управляемых ракет достаточно большой дальности. Эта программа, названная *Hermes*, включала в себя много различных проектов. Один из них предполагал разработку баллистической ракеты дальностью около 800 км. Этот проект стал быстро развиваться во время Корейской войны, когда была осознана важность такого вида оружия. При этом было увеличено требование к полезной нагрузке ракеты и уменьшены требования к ее дальности (до 400 км). Контракт на создание *Redstone* был передан в 1952 году компании *Chrysler*, и в 1955 году было начато их производство, а в июне 1958 года первые ракеты этого типа были развернуты в Западной Германии.

Redstone представляла собой одноступенчатую баллистическую ракету на жидком криогенном топливе с массой 27,8 тонн, длиной 21,1 м и диаметром 1,8 м. Ее дальность составляла 325 км, и ракета была оснащена термоядерной боеголовкой *W39* с энерговыделением 3,8 Мт; масса боеголовки составляла 2,9 тонн. Точность ракеты определялась КВО в 300 м.

Работы по *Redstone* предшествовали проекту *Jupiter*. Ракета *Jupiter C* использовалась в космической программе США и представляла собой модернизацию *Redstone*. Другое применение этих ракет состояло в обеспечении суборбитальных полетов в рамках программы *Mercury-Redstone*. В числе этих полетов был полет первого американского астронавта Алана Шепарда 5 мая 1961 года. В 1964 году ракеты *Redstone* были сняты с вооружения в связи с появлением более прогрессивной ракеты нового поколения *Pershing 1*.

В то время, когда в США были начаты работы над межконтинентальными баллистическими ракетами, началась разработка и баллистических ракет средней дальности. Дальность этих ракет должна была составлять около 2800 км. Учитывая, что эти ракеты могли быть созданы быстрее МБР, в 1955 году было решено ускорить их разработку. В декабре 1955 года президент Дуайт Эйзенхауэр объявил создание МБР и РСД задачей наивысшего приоритета. Радиус действия РСД был определен исходя из возможности их использования для поражения целей в странах Европы и на периферии СССР. К первым РСД США относились проекты баллистических ракет *Thor* и *Jupiter*. Хотя эти ракеты обладали близкими параметрами, и представители Министерства обороны сомневались в необходимости такого дублирования, президент поддержал конкурентный подход, с тем, чтобы определить, какая ракета будет лучше.

После запуска советского спутника в 1957 году администрация США поддержала немедленное производство и развертывание РСД в странах Западной Европы, чтобы уменьшить беспокойство об их военной уязвимости. Однако такие планы встречались с оппозицией, которая считала, что развертывание подобных систем и тактического ядерного оружия США угрожает превращению стран Западной Европы в «атомное поле боя».

РСД *Thor* представляла собой одноступенчатую баллистическую ракету на жидком топливе. Ее масса составляла 49,5 тонн, длина – 19,8 м, диаметр – 2,45 м. Максимальная дальность ракеты составляла около 2800 км. Эта ракета поступила на вооружение в сентябре 1958 года. Развертывание этих ракет предполагалось осуществить в Великобритании, в соответствии с чем между США и Великобританией в 1958 году было заключено соглашение о том, что США предоставят ракеты и пусковые установки, а Великобритания создаст четыре ракетные базы и предоставит для них персонал. В течение с июня 1959 года по апрель 1960 года в Великобритании было развернуто 60 ракет *Thor*. Все они имели термоядерную боеголовку *W49* с энерговыделением 1,45 Мт. Ракеты *Thor* обладали достаточно совершенной по тому времени системой наведения, обеспечивавшей точность с КВО около 300 м. Для защиты от обычного оружия и погоды ракеты хранились горизонтально в специальных контейнерах на базах. Перед пуском ракеты переводились в вертикальное положение для заправки топливом (использовался жидкий кислород). Вся процедура подготовки к пуску занимала 10 минут.

РСД *Jupiter* представляла собой одноступенчатую баллистическую ракету на жидком топливе. Ее основные характеристики были близки к характеристикам РСД *Thor*. Масса ракеты составляла 49,8 тонн, длина – 18,3 м, диаметр – 2,67 м. Максимальная дальность ракеты составляла около 3000 км, она также была оснащена боеголовкой *W49*. Эта ракета поступила на вооружение в 1958 году. Размещение этих ракет планировалось осуществлять на базах в Турции и Италии. Первые РСД *Jupiter* были поставлены в Турцию в июне 1961 года, а в Италию – в ноябре 1961 года. Всего было развернуто 30 ракет этого типа в Италии и 15 ракет – в Турции. Модернизация этой ракеты *Jupiter C* использовалась в космической программе США.

После окончания Карибского кризиса в сентябре 1963 года все ракеты Thor и Jupiter, развернутые в Западной Европе, были деактивированы и отправлены обратно в США. Ракеты Thor использовались далее для отработки программ в области ПРО. Общая стоимость программы создания ракет Thor составила 9,4 миллиардов долларов, а программы создания ракет Jupiter – 5,2 миллиардов долларов (в ценах 1997 года).

Ракеты Redstone были заменены более совершенными ракетами Pershing. Разработка этой твердотопливной ракеты с максимальной дальностью в 900–1400 км была начата в 1956 году. В 1958 году разработка была модифицирована, и ракета создавалась как двухступенчатая твердотопливная ракета с мобильной ПУ. В 1964 году первая ракета Pershing 1 была развернута в Западной Германии. Дальность ракеты составляла 740 км, она имела массу 4,65 тонны, длину в 10,5 м и диаметр около 1 м. Боевое оснащение состояло из МГЧ W50 с энерговыделением 400 кт. Использование твердого топлива позволило существенно повысить мобильность и сократить время подготовки к пуску по сравнению с Redstone. В дальнейшем ракета была модернизирована с использованием более совершенной ПУ и электроники. Точность ракеты определялась КВО в 400 м.

В начале 70-х годов боеголовка W50 с энерговыделением в 400 кт стала проблемой, так как такая большая мощность по существу исключала возможность использования Pershing для решения тактических задач в Европе. Поэтому возникла задача уменьшения энерговыделения и повышения точности, и новая ракета с такими параметрами получила название Pershing II. В это время в СССР начали развертываться ракеты системы «Пионер», и Pershing II стали рассматривать в США как средство против этого комплекса. В связи с этим дальность ракеты была существенно увеличена – до 1770 км. Пусковые установки системы Pershing 1 должны были использоваться и для новой ракеты, которая поступила на вооружение в 1983 году, и в конце 1985 года все 108 развернутых в Европе ракет Pershing 1 были заменены на Pershing II. Масса ракеты Pershing II составляла 7,5 тонн, длина – 10,6 м, диаметр – 1 м. Она была оснащена боеголовкой W85, которая имела различные уровни энерговыделения в пределах от 5 до 50 кт. Точность ракеты была очень высокой: КВО 30 м при максимальной дальности полета. В период с 1988 по 1989 год ракета Pershing II была снята с вооружения в соответствии с Договором о РСМД.

Сравнивая параметры баллистических ракет средней дальности СССР и США, можно отметить следующее:

- ракеты Р-5М и Redstone были достаточно близкими аналогами, но ракеты СССР обладали существенно большей дальностью;
- ракеты Р-15 имели близкие характеристики к параметрам ракет Thor и Jupiter, но при этом использовали, в отличие от них, не криогенное, а хранимое жидкое топливо;
- ракета Pershing 1 относилась к промежуточному классу ракет между ОТР-22 и ОТР-23, и сравнение показывает, что эти ракеты имели близкие технические характеристики;
- ракеты Pershing II обладали высокой точностью наведения на цель, которая не была достигнута в разработке РСД СССР;
- система Пионер обладала исключительными боевыми возможностями в отношении дальности, оснащения РГЧ ИН и не имела аналогов в системе РСД США.

2.2. О разработках крылатых ракет США

Следует отметить, что уже на ранней стадии развития ядерной программы США в ней уделялось большое внимание альтернативным способам доставки ядерного оружия, таким как крылатые ракеты. К таким проектам относились проекты крылатых ракет средней дальности – проект Regulus крылатой ракеты морского базирования, проект Matador крылатой ракеты наземного базирования и проекты Navaho и Snark крылатых ракет наземного базирования межконтинентальной дальности.

Первой программой создания крылатой ракеты наземного базирования большой дальности была программа Navaho. В начале 50-х годов было ясно, что крылатые ракеты могут быть быстрее созданы и быстрее поступить на вооружение, чем баллистические ракеты. Navaho представляла собой сверхзвуковую крылатую ракету, программа создания которой была разработана в 1950 году. Исходная дальность КР должна была составлять 5800 км с последующим ее увеличением до

8800 км, то есть до межконтинентального уровня. В качестве боеголовки Navaho рассматривалась боеголовка W13 массой от 2,7 до 3 тонн с ядерным зарядом с энерговыделением около 30 кт. Впоследствии предполагалось ее оснастить термоядерной боеголовкой W39 с энерговыделением в 4 Мт. Ракета Navaho состояла из собственно ракеты и ускорителя. В межконтинентальном варианте масса ракеты составляла 54,6 тонн, а масса ускорителя – 81,5 тонн. Длина ракеты составляла 26,7 м, а длина ускорителя – 28,1 м. Высота полета ракеты могла превышать 24 км. Проект оказался не слишком удачным и был закрыт в 1957 году из-за существенных достижений в конкурирующих проектах создания баллистических ракет.

Более удачным был проект Snark. Это была единственная развернутая крылатая ракета США с межконтинентальной дальностью. Однако на вооружении она находилась недолго (в 1960–1961 годах), после чего она также была вытеснена МБР. Эта ракета имела массу в 22,5 тонны и ускоритель массой в 5,1 тонн. Длина ракеты составляла 21 м, размах крыльев – 12,9 м. Высота полета составляла до 18,3 км. Боевое оснащение состояло из термоядерной боеголовки W39 с энерговыделением в 4 Мт. Летные испытания межконтинентального варианта Snark проходили с 1957 по 1958 год. К серьезным недостаткам этой разработки относилась ее низкая точность и относительная уязвимость для средств ПВО по сравнению с МБР.

В 1947 году ВМФ США заказали разработку крылатой ракеты Regulus. Предполагалось, что эта ракета могла запускаться с подводных лодок, она должна была доставлять боеголовку массой в 1,35 тонны на расстояния в 900 км и иметь точность с КВО около 5% от дальности. Важным фактором для развития проекта Regulus было стремление ВМФ развернуть ядерное оружие. Проблема состояла в том, что все ядерные бомбы этого времени были тяжелыми (около 5 тонн) и не могли использоваться морской авиацией. Новый импульс развития средств доставки ядерного оружия США был дан первым советским ядерным испытанием в 1949 году. Первый полет Regulus состоялся в марте 1951 года. Запуск ракеты осуществляли два ускорителя. Первый пуск крылатой ракеты с подводной лодки состоялся летом 1953 года, и в 1954 году она поступила на вооружение. Ракета могла запускаться также и с надводных кораблей. Regulus имел массу в 4,67 тонны без ускорителей и 6,25 тонны с двумя ускорителями, длину в 10 м, диаметр 1,4 м и размах крыльев в 6,4 м. Его скорость составляла 960 км/час, высота полета – до 12,2 км, дальность – 925 км. Первоначально Regulus был оснащен ядерной боеголовкой W5 с энерговыделением в 40 кт (масса 1,35 тонны), а впоследствии небольшая часть ракет оснащалась также термоядерной боеголовкой W27 с энерговыделением в 2 Мт. Ракета находилась на вооружении до 1964 года.

В эти же сроки была создана и поставлена на вооружение крылатая ракета Matador, которая также представляла собой ракету типа «земля-земля». Эта крылатая ракета имела близкие характеристики к КР Regulus, но относилась к другому военному ведомству – ВВС. Matador классифицировался как беспилотный бомбардировщик. Он был поставлен на вооружение в конце 1953 года и был снят с вооружения в начале 60-х годов. Ракета имела массу в 5,4 тонн, длину в 12,1 м, диаметр – 1,2 м и размах крыльев – 8,7 м. Ее скорость составляла 1040 км/час, высота полета – до 10,6 км, дальность около 1000 км. Так же как и Regulus, она была оснащена боеголовкой W5.

Дальнейшее развитие крылатых ракет было связано с прогрессом в конструировании, уменьшением габаритно-массовых параметров боеголовок и миниатюризацией системы управления. Это позволило существенно уменьшить размеры крылатых ракет при одновременном увеличении их дальности и повышении точности. Создание нового поколения крылатых ракет было начато в 1972 году по заказу ВМФ. Этот проект получил название SLCM Tomahawk. В 1973 году аналогичные работы были начаты по заказу ВВС над крылатой ракетой, известной как ALCM.

Исследования в середине 70-х годов привели к определению основного облика КР Tomahawk, которая получила два варианта пусковых установок – морского базирования SLCM и наземного базирования GLCM. В 1977 году программа Tomahawk и программа создания ALCM получили новый импульс, и вскоре ракеты были запущены в производство. Летная отработка ALCM производилась в 1979–1980 годах. В качестве их носителей были определены стратегические бомбардировщики B-52G и B-52H, а позднее – бомбардировщики B-1B и B-2. Этот вид вооружения стал основой ядерного боевого оснащения стратегической авиации США. Первые ракеты ALCM поступили на вооружение в конце 1982 года.

Основным типом носителей для ракет SLCM с ядерным оснащением были определены атомные подводные лодки, а также ракетные крейсеры США. В 1978 году был осуществлен первый успешный пуск этой крылатой ракеты на подводной лодке, а в 1979 году начато их первое производство. Развертывание ракет SLCM было начато в 1984 году.

Ракеты GLCM предполагалось разместить на мобильных пусковых установках (транспортерах) на территории Западной Европы. Их развертывание было начато в конце 1983 года. Следует отметить, что если ракеты ALCM и SLCM предусматривали как ядерное, так и неядерное боевое оснащение, то GLCM предполагались только как носители ядерного оружия.

Основные характеристики этих крылатых ракет США приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Характеристики стратегических КР США

Тип	ALCM	SLCM	GLCM
Базирование	воздушное	морское	наземное
Первое летное испытание	1979	1976	1979
Начало развертывания	1982	1984	1983
Дальность, км	2500	2500	2500
Масса, т	1,3–1,5	1,2	1,2
Длина, м	6,35	5,55	5,55
Диаметр, м	0,7	0,52	0,52
Полезная нагрузка, кг	109	123	123
Тип ББ	W80-1	W80-0	W84
Мощность	5 кт; 150–170 кт	5 кт; 170–200 кт	от 0,2 кт до 150 кт
КВО, м	10–30	30	30
Неядерное оснащение	да	да	нет
Носители	B-52G, B-52H, B-1B, B-2	АПЛ, ракетные крейсеры, эсминцы	грунтовой транспортер

Ракеты GLCM к 1991 году были ликвидированы в соответствии с Договором о РСМД. Ракеты ALCM и SLCM находятся на вооружении США.

В 1982 году по заказу ВВС началось исследование возможностей разработки новой крылатой ракеты, известной как ACM, с использованием технологий stealth («невидимка»). Эти работы были начаты в связи с тем, что ALCM, по мнению военных, были слишком уязвимы для средств ПВО противника. Первое летное испытание новой ракеты прошло в середине 1985 года, а в июне 1990 года было начато их производство.

Предполагалось, что эти ракеты должны заменить все ALCM стратегической авиации, однако известно, что объем их производства в конце 90-х годов не превысил 500 единиц. Точность ACM находилась в пределах от 30 до 90 метров. Дальность действия этой КР была увеличена, по сравнению с ALCM, до 3000 км. Хотя первоначально ACM предполагалось разместить на бомбардировщиках B-1B, реально они были развернуты на B-52H. Один бомбардировщик B-52H способен нести до 20 ACM. Ядерное боевое оснащение ACM состоит, как и у ALCM, из боеголовки W-80-1.

2.3. О военно-технических аспектах Договора между СССР и США по ликвидации ракет средней и меньшей дальности

В соответствии с условиями договора ликвидируемыми типами ракет средней дальности являлись:

для СССР баллистические ракеты:

- РСД-10 «Пионер» (SS-20);
- P-12 (SS-4);
- P-14 (SS-5);

для США:

- баллистические ракеты Pershing II;
- крылатые ракеты наземного базирования GLCM (BGM-109G).

Ликвидируемыми типами ракет меньшей дальности являлись:

для СССР баллистические ракеты:

- ОТР-22 (SS-12M);
- ОТР-23 (SS-23).

для США баллистические ракеты:

- Pershing-1A.

В Меморандуме о договоренности об исходных данных определялось, что ликвидации подлежат: со стороны СССР:

- 826 развернутых и неразвернутых РСД, в том числе 470 развернутых РСД;
- 926 развернутых и неразвернутых РМД;

со стороны США:

- 689 развернутых и неразвернутых РСД, в том числе 429 развернутых РСД;
- 170 развернутых и неразвернутых РМД.

Таким образом, по данным договора, на момент его подписания речь шла о ликвидации пяти типов ракет СССР с общей численностью в 1752 единицы и трех типов ракет США с общей численностью в 859 единиц. Эти характеристики указывают на определенную асимметрию договора, однако для того, чтобы правильно оценить наличие, масштаб и значение этой асимметрии, необходимо рассмотреть военно-технические возможности уничтоженных по договору видов вооружений.

Для США и НАТО реальным объектом договора среди РСД СССР были, конечно, БР РСД-10, количество которых на момент заключения договора достигало 650 единиц. Эти ракеты были оснащены РГЧ ИН с 3 ББ с общей численностью 1950 ББ. Так как РСД-10 представляли собой мобильные БР, расположенные на автомобильном транспортере, то они обладали, вследствие этого, возможностями маневрирования при наличии угрозы их поражения противником. Важным параметром РСД-10 следует считать ее дальность в 5000 км, позволявшую поражать цели на всей территории Западной Европы, базируясь вдали от нее, в том числе в районах, прилегающих к Уралу. Дополнительный интерес США в ликвидации РСД-10 был связан с тем, что, по мнению некоторых экспертов, в случае оснащения этой БР одной легкой боеголовкой ее дальность становилась достаточной для поражения целей на территории США. Тем самым, возможности РСД-10 примыкали к возможностям МБР, хотя, конечно, далеко уступали им.

ОТР-22 и ОТР-23 представляли собой современные мобильные баллистические ракеты, расположенные на автомобильных транспортерах. ОТР-22 обладала значительным радиусом действия, позволявшим ей при размещении в странах ОВД поражать цели, расположенные в существенных регионах НАТО. Вместе с тем при базировании на территории СССР эти БР не могли непосредственно поражать цели в Западной Европе. Ракеты ОТР-23 имели существенно меньшие габаритно-массовые характеристики, меньшую дальность и существенно меньший мегатоннаж, чем ОТР-22. Следует подчеркнуть, что, благодаря своим качествам, ОТР-22 и ОТР-23 могли рассматриваться как современное оружие «поля боя».

С учетом сказанного можно предположить, что ликвидация ОТР-22 и ОТР-23 также представляла значительный интерес для США и НАТО, и эти БР были существенным предметом рассматриваемого договора. Таким образом, по существу (по состоянию к 1988 году) речь шла о ликвидации в СССР:

- трех типов современных БР мобильного базирования;
- общего числа этих БР в 1615 единиц (из них 650 БР с дальностью до 5000 км);
- общего числа ББ в 2915 единиц с оцененным мегатоннажем, близким к 1000 Мт.

Существенно, что размещение ракет Pershing II предполагало одновременную ликвидацию устаревших ракет Pershing-1A. Таким образом, предметом интереса СССР в договоре могли быть только два типа ракет: БР Pershing II и крылатая ракета наземного базирования GLCM (BGM-109G). К моменту подписания договора общее число этих ракет насчитывало 689 (примерно 215 БР и 475 КР) с общим числом боеголовок в 689 единиц. Их отличительной особенностью была высокая точность.

В перспективе в США предполагалось увеличение числа этих видов ракет до 950 единиц с 950 ББ.

Ресурс дальности БР Pershing II позволял им поражать цели на территории СССР, расположенные на Украине, в Белоруссии и Прибалтике с захватом части западной территории РСФСР. Ресурс дальности КР GLCM позволял поражать цели и в Центральном районе Европейской части РСФСР, включая Москву. Вместе с тем территория восточного района Европейской части СССР находилась за пределами их возможностей.

Следует отметить, что высокая точность боеголовок ракет Pershing II в сочетании с достаточно высоким энерговыделением позволяли им поражать высокопрочные цели. Вместе с тем ракеты Pershing II не могли поражать основную часть стартовых позиций МБР СССР из-за недостаточной дальности и не являлись в этом смысле средством обезоруживающего удара. В то же время они могли поражать упрочненные сооружения в западных районах СССР. Однако это обстоятельство не позволяет их выделить в какой-то особый вид ЯО, обладающий беспрецедентными возможностями, за который нужно платить особую цену. Это был просто другой вид ЯО, решающий другие задачи, по сравнению, скажем, с системой РСД-10.

Принципиальным обстоятельством является то, что ракеты GLCM были адаптацией к наземному базированию аналогичной ракеты морского базирования SLCM, имеющей те же характеристики, что и GLCM, за исключением боеголовки. Эти ракеты, обладающие той же дальностью и той же точностью, что и GLCM, могли поражать цели на всей территории Европейской части СССР. Поэтому не существовало задач, которые могли выполнить ракеты GLCM и не могли выполнить ракеты SLCM. Однако ракеты SLCM не были ограничены договором, и в этом плане ликвидация ракет GLCM была мало чувствительна для США и по существу ничего не давала СССР.

Из приведенных выше данных следует военно-техническая неравноправность условий Договора по РСМД для СССР и США.

США по существу разменяли 215 (на 1987 год) или 385 (в перспективе) БР Pershing II на 650 БР РСД-10 и 965 БР ОТР-22, ОТР-23. Таким образом, один современный тип ракет США был обменян на три современных типа ракет СССР. При этом за одну ракету Pershing II было уступлено 4,2 ракеты СССР, за одну боеголовку ракет Pershing II – 7,6 боеголовок РСМД СССР. При этом за систему с дальностью действия 1500–1800 км была уступлена система с дальностью действия 5000 км.

Места базирования БР Pershing II могли быть уничтожены боеголовками РСД-10 с территории СССР, а места базирования РСД-10 могли быть при этом размещены за пределами досягаемости боеголовок Pershing II, и для их поражения требовалось использование МБР.

Даже при учете ликвидированных GLCM обмен не был эквивалентен: за одну ракету США – две ракеты СССР, за одну боеголовку США – три боеголовки СССР. Еще раз подчеркнем, что учет GLCM был по существу неправомерен из-за полной компенсации их боевых возможностей комплексами SLCM. В конечном итоге, для СССР было все равно, как США распорядится этим видом ракет: будет ли это один тип (SLCM) или два типа (SLCM и GLCM).

Еще одна сторона вопроса связана с тем, что производство основных элементов ракет РСД-10, ОТР-22, ОТР-23 было сосредоточено на территории России. Поэтому этот комплекс вооружений мог поддерживаться и после распада СССР, в то время как производство основных современных видов МБР Р-36 и РТ-23УТТХ оказалось за рубежом (в Украине) и было ликвидировано. Эти комплексы могли оказать сейчас существенную поддержку для обеспечения безопасности протяженных границ России, тем более, что системы ОТР-22 и ОТР-23 предусматривали возможность оснащения и неядерными ГЧ. Необходимо учитывать и то, что мы лишились возможности развивать ракетные технологии в той области, где имели передовые позиции, ликвидировали передовые производства, имевшие экспортные перспективы, нанесли удар по кадрам.

Можно подвести итоги. Договор по ликвидации РСМД был невыгоден для СССР в военно-техническом отношении, и теперь, спустя десять лет, имеет серьезные негативные последствия для обеспечения национальной безопасности России.

3. СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ СССР К 1991 ГОДУ И ПРОБЛЕМА ОГРАНИЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ

3.1. Состояние СЯС СССР к 1991 году

1991 год явился переломным годом для ядерного оружейного комплекса СССР вообще и для системы стратегических ядерных сил (СЯС) в частности. С одной стороны, в результате «нового курса» М.С. Горбачева масштабные двусторонние переговоры с США завершились подписанием 31 июля 1991 года Договора между СССР и США об ограничении и сокращении стратегических наступательных вооружений (Договор СНВ-1), который предполагал значительное сокращение СЯС обеих сверхдержав (в 1,7 раза по числу боеголовок).

С другой стороны, процесс дезинтеграции СССР определил существенно более радикальный уровень предстоящих сокращений СЯС, созданных в СССР. Этот уровень в существенной степени зависел от изменения военно-политических приоритетов России, определения ее статуса, как единственного ядерного правопреемника СССР, обеспечения независимости системы ядерных вооружений РФ от других республик, объявивших свой суверенитет.

Анализ общих сторон этой проблемы показал, что возможный уровень СЯС РФ, получаемый процессом «естественного сокращения» из СЯС СССР и удовлетворяющий в основном требованиям обеспечения суверенитета РФ над собственной системой СЯС, примерно в четыре раза меньше объема СЯС СССР и в два раза меньше ограничений, установленных Договором 1991 года.

При этом оставался открытым вопрос о достаточности средств и возможностей РФ для поддержания необходимой модернизации и воспроизводства такого ограниченного арсенала.

Первостепенное значение представляла собой позиция США в отношении собственного ядерного арсенала в качественно новых условиях, возникших в связи с дезинтеграцией СССР и возникшим кризисом эквивалентной системы стратегических ядерных сил, созданной СССР.

К 1991 году стратегические ядерные силы СССР представляли собой мощный комплекс ядерных вооружений в составе триады:

- МБР стационарного шахтного и мобильного (грунтового и железнодорожного) базирования, входивших в состав РВСН;
- БР подводных лодок ВМФ;
- тяжелых бомбардировщиков (ТБ) стратегической авиации.

Значительная часть информации о СЯС была рассекречена и содержится в материалах «Договора об ограничении и сокращении стратегических наступательных вооружений» (СНВ), подписанного президентами СССР и США 31 июля 1991 года.

В состав стратегических ядерных сил СССР к этому времени входило 2500 носителей СЯС (МБР, БРПЛ и ТБ) с боевым оснащением в 10271 боеголовку. Общее энерговыделение СЯС СССР может быть оценено в 5 Гт. Среднее количество боеголовок на одном носителе СЯС составляло около 4,1, средняя мощность одной боеголовки СЯС оценивается в 0,5 Мт.

Предполагалось, что уровень ядерного энерговыделения доставленных боеголовок, достаточный для нанесения противнику неприемлемого ущерба в случае возникновения масштабного ядерного конфликта сверхдержав, составляет приблизительно 150 Мт. Превышение этого уровня в 30 раз уровнем фактического объема СЯС предполагалось достаточным для обеспечения гарантированного неприемлемого ответного удара в случае превентивного массированного удара противника по средствам СЯС, и тем самым для обеспечения эффективного сдерживания в случае возникновения критических ситуаций в военно-политическом противостоянии двух сверхдержав.

При обсуждении возможных перспектив развития СЯС СССР в это время существовали разные точки зрения. Согласно одной из них, объем СЯС (и вообще ядерных вооружений СССР) в результате гонки вооружений превзошел необходимый уровень достаточности (для осуществления гарантированного ядерного сдерживания), являлся избыточным и должен был сокращаться. Этот подход разви-

вался сторонниками достижения двусторонних договоренностей с США в области контроля ядерных вооружений и выражался в политике, проводимой М.С. Горбачевым и Э.А. Шеварднадзе.

Согласно другой точке зрения, технические характеристики, реализованные (или достижимые в ближайшем будущем) СЯС США, таковы, что в случае их превентивного удара по позициям СЯС СССР количество уцелевших СЯС будет недостаточно для нанесения неприемлемого ущерба в ответном ударе, и, следовательно, ядерный арсенал СССР не обеспечивает (или не будет обеспечивать в ближайшем будущем) эффективное сдерживание, является недостаточным и должен энергично совершенствоваться. Одним из дополнительных аргументов сторонников этой точки зрения были опасения в отношении возможностей создания США эффективной системы ПРО, способной перехватывать основную часть небольшого количества боеголовок СЯС СССР, уцелевших после превентивного удара. Широкая реклама в 80-е годы программы СОИ США укрепляла воздействие этой аргументации. При этом основные усилия в модернизации СЯС СССР предполагалось направить на повышение их живучести в условиях масштабного ядерного конфликта. Такой подход был близок руководству военно-промышленного комплекса СССР, которое при этом не отвергало выгодных для интересов безопасности СССР двусторонних договоренностей с США.

При рассмотрении качественных возможностей стратегического ядерного арсенала существует три вопроса:

- достаточен ли ядерный арсенал для нанесения противнику неприемлемого ущерба в первом ударе;
- достаточен ли ядерный арсенал для нанесения противнику неприемлемого ущерба в ответном ударе;
- достаточен ли ядерный арсенал для нанесения противнику превентивного обезоруживающего удара (когда ответный удар противника невозможен).

Поскольку СССР, безусловно, обладал возможностью доставить боеголовки с энерговыделением, существенно превосходящим контрольный уровень 150 Мт на территорию любого государства, то он, безусловно, с запасом обладал достаточным ядерным арсеналом для нанесения неприемлемого ущерба в первом ударе.

По поводу второго вопроса выше были изложены в общем плане две точки зрения, которые существовали среди политиков и специалистов СССР. Истинное положение дел состояло, по-видимому, в том, что хотя по некоторым оценкам можно было ожидать сохранения менее 3% СЯС СССР в случае превентивного удара США, абсолютная величина ядерного арсенала СССР была столь велика, что проведение подобного «эксперимента» являлось практически невозможным событием, и в этом смысле гарантированное сдерживание было обеспечено.

В отношении третьего вопроса необходимо дать отрицательный ответ. По мнению специалистов СССР, его ядерный потенциал был недостаточен для нанесения обезоруживающего удара по СЯС США. Ядерный потенциал США рассматривался как достаточный для нанесения гарантированного ответного удара.

В то же время нужно отметить, что хотя СССР декларировал неприменение первым ядерного оружия и политически задача создания потенциала превентивного удара не стояла, СССР проводил научно-технические разработки, которые лежали в рамках этой проблемы.

Разумеется, аналогичные вопросы в отношении возможностей собственного ядерного потенциала и ядерного потенциала СССР стояли перед политиками и специалистами США. Можно предположить, что наиболее вероятные ответы американской стороны на эти вопросы были аналогичны оценкам, сделанным в СССР. Основанием для этого может быть направленность программ развития ядерного оружия США.

В таблице 4.3 приведены результаты изложенных выше соображений в отношении возможностей СЯС СССР с США. Знак «+» означает наличие данного качества ядерного потенциала, а знак «-» означает его отсутствие. Наличие обоих знаков соответствует разным точкам зрения в оценке ситуации.

Таблица 4.3. Оценки возможностей ядерных стратегических потенциалов СССР и США

	Достаточность СЯС СССР			Достаточность СЯС США		
	первый удар	ответный удар	обезоруживающий удар	первый удар	ответный удар	обезоруживающий удар
Оценка СССР	+	+ –	–	+	+	– +
Вероятная оценка США	+	+	– +	+	+ –	–

Следует отметить, что заключение о достаточности ядерного арсенала для ответного или обезоруживающего удара существенно зависит от оценки масштаба неприемлемого ущерба. В этой характеристике, зависящей от специфических особенностей государства (географических, экономических, военных, особенностей организации общества), по-видимому, существовала определенная асимметрия между СССР и США. СССР продемонстрировал во Второй мировой войне исключительную государственную прочность и готовность заплатить за победу в масштабной войне беспрецедентно высокую цену. Эта особенность СССР могла вызывать серьезное беспокойство США в отношении достаточности своего ядерного арсенала.

При подготовке Договора 1991 года об ограничении и сокращении СНВ его положение естественно рассматривалось, прежде всего, в отношении изменения ответов на вопросы о качестве ограничиваемых ядерных арсеналов двух сверхдержав. По этому Договору СЯС каждой стороны ограничивались количеством носителей в 1600 единиц и количеством боеголовок в 6000 единиц. При этом СССР должен был сократить в 2 раза количество тяжелых МБР РС-20 (SS-18), представлявших основу его РВСН.

Единой позиции в отношении соответствия данного Договора интересам безопасности СССР среди специалистов не было. С одной стороны, чем меньше абсолютный уровень ядерных арсеналов противостоящих сторон, тем относительно легче обеспечить условия для создания обезоруживающего потенциала. С другой стороны, появление глобальных договоренностей двух сверхдержав в отношении такого «интимного» вопроса, как структура СЯС, безусловно, снизило остроту ядерного противостояния и могло дать политические выгоды. Для США, безусловно, было важно добиться сокращения арсенала МБР SS-18 (который они отчасти рассматривали как основу возможного обезоруживающего удара СССР). Для СССР существовала возможность произвести глубокую модернизацию СЯС и избавиться от накопившихся устаревших систем.

3.2. Характеристики СНВ СССР

В соответствии с Меморандумом о договоренности об установлении исходных данных по состоянию на 1 сентября 1990 года были определены следующие характеристики стратегических ядерных сил СССР.

3.2.1. Количественные и технические характеристики СЯС

Таблица 4.4. Общие характеристики СНВ

Количество развернутых носителей СНВ (МБР, БРПЛ и ТБ)	2500 единиц
Количество боезарядов, числящихся за развернутыми носителями СНВ (МБР, БРПЛ и ТБ)	10271 единиц
Количество боезарядов, числящихся за развернутыми МБР и БРПЛ	9416 единиц
Количество боезарядов, числящихся за ТБ	855 единиц
Забрасываемый вес развернутых МБР и БРПЛ	6626 т

Таблица 4.5. Число боеголовок и забрасываемый вес МБР

Тип МБР	Число боеголовок	Забрасываемый вес, т
РС-10	1	1,2
РС-12	1	0,6
РС-16	4	2,55
РС-18	6	4,35
РС-20	10	8,8
РС-22	10	4,05
РС-12М	1	1

Таблица 4.6. Число боеголовок и забрасываемый вес БРПЛ

Тип БРПЛ	Число боеголовок	Забрасываемый вес, т
РСМ-25	1	0,65
РСМ-40	1	1,1
РСМ-45	1	0,45
РСМ-50	3	1,65
РСМ-52	10	2,55
РСМ-54	4	2,8

Таблица 4.7. Число боеголовок ТБ

Тип ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности	Число боеголовок
ТУ-95МС	8
ТУ-160	8
Тип ТБ, не оснащенных КРВБ большой дальности	Число боеголовок
ТУ-95М	1
ТУ-95К	1
ТУ-95К22	1

Таблица 4.8. Общие характеристики развернутых МБР

Тип МБР	РС-10	РС-12	РС-16	РС-18	РС-20
Число МБР	326	40	47	300	308
Число боеголовок	326	40	188	1800	3080
Забрасываемый вес	391,2	24	119,85	1305	2710,4
Тип ПУ	ШПУ	ШПУ	ШПУ	ШПУ	ШПУ
Тип МБР	РС-22	РС-22М	РС-12М	Всего	
Число МБР	56	33	288	1398	
Число боеголовок	560	330	288	6612	
Забрасываемый вес	226,8	133,65	288	5198,9	
Тип ПУ	ШПУ	ЖМПУ	ГМПУ		

Таблица 4.9. Общие характеристики развернутых БРПЛ

Тип БРПЛ	РСМ-25	РСМ-40	РСМ-45	РСМ-50
Число БРПЛ	192	280	12	224
Число боеголовок	192	280	12	672
Забрасываемый вес	124,8	308	5,4	369,6
Тип БРПЛ	РСМ-52	РСМ-54	Всего	
Число БРПЛ	120	112	940	
Число боеголовок	1200	448	2804	
Забрасываемый вес	306	313,6	1427,4	

Таблица 4.10. Общие характеристики развернутых ТБ

Тип ТБ	ТУ-95	ТУ-160	Всего
Развернутые ТБ	147	15	162
ТБ, оснащенные КРВБ большой дальности	84	15	99
ТБ, не оснащенные КРВБ большой дальности	63	0	63
Боезаряды на ТБ	735	120	855
Боезаряды на ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности	672	120	792
Боезаряды на ТБ, не оснащенных КРВБ большой дальности	63	0	63

3.2.2. Характеристики развертывания стратегической авиации

Тяжелые бомбардировщики СССР были развернуты на пяти авиационных базах, а также в двух авиационно-производственных объединениях (АПО) и на объекте складского хранения.

Таблица 4.11. Характеристики развертывания ТБ

База	Число ТБ	Число боеголовок
«Моздок» (Россия)	22 ТУ-95МС16	176
«Украинка» (Россия)	15 ТУ-95К	15
	46 ТУ-95К22	46
«Прилуки» (Украина)	13 ТУ-160	104
«Семипалатинск» (Казахстан)	27 ТУ-95МС6	216
	13 ТУ-95МС16	104
«Узин» (Украина)	21 ТУ-95МС16	168

Всего на рассматриваемых пяти авиационных базах было развернуто 157 ТБ, в том числе:

- 96 ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности, включая 13 ТУ-160, 56 ТУ-95МС16 и 27 ТУ-95МС6;
- 61 ТБ, не оснащенных КРВБ большой дальности, включая 46 ТУ-95К22 и 15 ТУ-95К.

Кроме того, 5 ТБ были развернуты:

- 2 ТУ-160 в Казанском АПО (Россия);
- 1 ТУ-95МС16 в Куйбышевском АПО (Россия);
- 1 ТУ-95М и 1 ТУ-95К на объекте хранения ТБ («Узин», Украина).

Таблица 4.12. Полная номенклатура развернутых ТБ

Тип ТБ	ТУ-160	ТУ-95МС16	ТУ-95МС6	ТУ-95К22	ТУ-95К	ТУ-95М
Число ТБ	15	57	27	46	16	1
Число БГ	120	456	216	46	16	1

Таблица 4.13. Технические характеристики ТБ

Тип ТБ	ТУ-95МС6	ТУ-95МС16	ТУ-160
Типы ТБ, с которыми прошли летные испытания КРВБ большой дальности	+	+	+
Тип КРВБ большой дальности	РКВ-500А	РКВ-500А	РКВ-500Б
Максимальное количество КРВБ большой дальности, которыми может быть оснащен ТБ	6	16	12
Максимальное количество КРВБ большой дальности, размещенное на внешних узлах крепления	0	10	0
во внутренних отсеках	6	6	12

Таблица 4.14. Технические характеристики КРВБ большой дальности

Тип КРВБ	РКВ-500А	РКВ-500В
Максимальная длина в сборе, м	6	6
Максимальный размер поперечного сечения фюзеляжа, м	0,51	0,77
Размах выпущенного крыла (м)	3,1	3,1

3.2.3. Характеристики развертывания БРПЛ

БРПЛ СССР были развернуты на ПЛ, базирующихся на шести базах ПЛ.

Таблица 4.15. База ПЛ «Нерпичья» (120 развернутых БРПЛ; 6 ПЛ)

Тип БРПЛ	РСМ-52
Число развернутых БРПЛ	120
Число развернутых ПУ	120
Число боеголовок	1200
Число ПЛ – носителей БРПЛ	6
Тип ПЛ	«Тайфун»
Число неразвернутых БРПЛ	0

Таблица 4.16. База ПЛ «Ягельная» (220 развернутых БРПЛ; 14 ПЛ)

Тип БРПЛ	РСМ-25	РСМ-40	РСМ-45	РСМ-50	РСМ-52
Число развернутых БРПЛ	96	64	12	48	0
Число развернутых ПУ	96	64	12	48	0
Число боеголовок	96	64	12	144	0
Число ПЛ – носителей БРПЛ	6	4	1	3	0
Тип ПЛ	«Навага»	«Мурена М»	«Навага М»	«Кальмар»	
Число неразвернутых БРПЛ	3	0	0	14	32

Таблица 4.17. База ПЛ «Оленья» (144 развернутых БРПЛ; 9 ПЛ)

Тип БРПЛ	РСМ-50	РСМ-54
Число развернутых БРПЛ	32	112
Число развернутых ПУ	32	112
Число боеголовок	96	448
Число ПЛ – носителей БРПЛ	2	7
Тип ПЛ	«Кальмар»	«Дельфин»
Число неразвернутых БРПЛ	0	0

Таблица 4.18. База ПЛ «Островной» (108 развернутых БРПЛ; 9 ПЛ)

Тип БРПЛ	РСМ-40
Число развернутых БРПЛ	108
Число развернутых ПУ	108
Число боеголовок	108
Число ПЛ – носителей БРПЛ	9
Тип ПЛ	«Мурена»
Число неразвернутых БРПЛ	0

Таблица 4.19. База ПЛ «Рыбачий» (228 развернутых БРПЛ; 15 ПЛ)

Тип БРПЛ	РСМ-25	РСМ-40	РСМ-50
Число развернутых БРПЛ	48	36	144
Число развернутых ПУ	48	36	144
Число боеголовок	48	36	432
Число ПЛ – носителей БРПЛ	3	3	9
Тип ПЛ	«Навага»	«Мурена»	«Кальмар»
Число неразвернутых БРПЛ	56	40	142

Таблица 4.20. База ПЛ «Павловское» (120 развернутых БРПЛ; 9 ПЛ)

Тип БРПЛ	РСМ-25	РСМ-40	РСМ-50
Число развернутых БРПЛ	48	72	0
Число развернутых ПУ	48	72	0
Число боеголовок	48	72	0
Число ПЛ – носителей БРПЛ	3	6	
Тип ПЛ	«Навага»	«Мурена»	
Число неразвернутых БРПЛ	83	85	5

В соответствии с этими данными все 940 развернутых БРПЛ СССР были размещены на 62 ПЛАРБ, приписанных к шести базам, в том числе:

- система РСМ-25 (192 БРПЛ) на 12 ПЛ класса «Навага»;
- система РСМ-40 (280 БРПЛ) на 18 ПЛ класса «Мурена» и 4 ПЛ класса «Мурена М»;
- система РСМ-45 (12 БРПЛ) – на 1 ПЛ класса «Навага М»;
- система РСМ-50 (224 БРПЛ) – на 14 ПЛ класса «Кальмар»;
- система РСМ-52 (120 БРПЛ) – на 6 ПЛ класса «Тайфун»;
- система РСМ-54 (112 БРПЛ) – на 7 ПЛ класса «Дельфин».

На трех базах ПЛ находилось также 460 неразвернутых БРПЛ, в том числе 142 БРПЛ РСМ-25, 125 БРПЛ РСМ-40, 161 БРПЛ РСМ-50, то есть 428 БРПЛ, которые могут быть отнесены к устаревшим системам.

Кроме того, около 520 неразвернутых БРПЛ находились на трех объектах складского хранения БРПЛ «Окольная», «Ревда» и «Ненокса» и объекте переоборудования и ликвидации БРПЛ «Пашино». В их числе были 444 БРПЛ устаревших типов РСМ-25 (173 единицы), РСМ-40 (198 единиц), РСМ-45 (5 единиц), РСМ-50 (68 единиц).

Общее число неразвернутых БРПЛ этих типов составляло, таким образом, 872 единицы, а с учетом 708 развернутых БРПЛ этих типов их полное количество составляло 1580 единиц.

Общее число современных систем БРПЛ (РСМ-52 и РСМ-54) составляло 232 развернутых БРПЛ и 108 неразвернутых БРПЛ, то есть всего 340 единиц.

Таблица 4.21. Технические характеристики БРПЛ

Тип БРПЛ	РСМ-25	РСМ-40	РСМ-45	РСМ-50	РСМ-52	РСМ-54
Топливо	жидкое	жидкое	твердое	жидкое	твердое	жидкое
Число ступеней	1	2	2	2	3	3
Длина (без ГЧ), м	7,1	13	10,6	14,1	16	14,8
Максимальный диаметр, м	1,5	1,8	1,54	1,8	2,4	1,9
Стартовый вес, т	14,2	33,3	26,9	35,3	84	40,3
Забрасываемый вес, т	0,65	1,1	0,45	1,65	2,55	2,8

3.2.4. Характеристики развертывания МБР

Ниже приведено количество развернутых МБР на каждой базе и соответствующее число боеголовок (в скобках). Указан также вид пусковых установок (ШПУ, ЖМПУ, ГМПУ).

- База «Бершеть» (Россия) – 60 МБР РС-10 (60 БГ), ШПУ.
- База «Тейково» (Россия) – 26 МБР РС-10 (26БГ), ШПУ;
– 10 неразвернутых МБР РС-10.
- База «Красноярск» (Россия) – 40 МБР РС-10 (40 БГ), ШПУ.
– 1 неразвернутая МБР РС-10.
- База «Дровяная» (Россия) – 50 МБР РС-10 (50 БГ), ШПУ.
– 1 неразвернутая МБР РС-10.
- База «Ясная» (Россия) – 90 МБР РС-10 (90 БГ), ШПУ.
– 4 неразвернутых МБР РС-10.
- База «Свободный» (Россия) – 60 МБР РС-10 (60 БГ), ШПУ.
– 6 неразвернутых МБР РС-10.

326 развернутых МБР РС-10 (326 БГ) размещены в ШПУ на 6 базах МБР (все – на территории России). Здесь же находилось 22 неразвернутых МБР РС-10.

- База «Йошкар-Ола» (Россия) – 40 МБР РС-12 (40 БГ), ШПУ.
- Все 40 развернутых МБР РС-12 (40 БГ) размещались в ШПУ на одной базе в России.
- База «Выползово» (Россия) – 47 МБР РС-16 (188 БГ), ШПУ.
- Все 47 развернутых МБР РС-16 (188 БГ) размещались в ШПУ на одной базе в России.
- База «Хмельницкий» (Украина) – 90 МБР РС-18 (540 БГ), ШПУ.
– 11 неразвернутых МБР РС-18.
- База «Козельск» (Россия) – 60 МБР РС-18 (360 БГ), ШПУ.
– 4 неразвернутых МБР РС-18.
- База «Первомайск» (Украина) – 40 МБР РС-18 (240 БГ), ШПУ.
– 4 неразвернутых МБР РС-18.
- База «Татищево» (Россия) – 110 МБР РС-18 (660 БГ), ШПУ.
– 4 неразвернутых МБР.

300 развернутых МБР РС-18 (1800 БГ) размещались в ШПУ на 4 базах МБР, из них 170 МБР на 2 базах на территории России и 130 МБР на 2 базах на территории Украины. Здесь же находилось 23 неразвернутых МБР РС-18 (8 – в России, 15 – на Украине).

База «Домбаровский» (Россия) – 64 МБР РС-20 (640 БГ), ШПУ.
– 6 неразвернутых МБР.
База «Карталы» (Россия) – 46 МБР РС-20 (460 БГ), ШПУ.
– 4 неразвернутых МБР.
База «Державинск» (Казахстан) – 52 МБР РС-20 (520 БГ), ШПУ.
– 3 неразвернутых МБР.
База «Алейск» (Россия) – 30 МБР РС-20 (300 БГ), ШПУ,
– 4 неразвернутых МБР.
База «Жангиз-Тобе» (Казахстан) – 52 МБР РС-20 (520 БГ), ШПУ.
– 2 неразвернутых МБР.
База «Ужур» (Россия) – 64 МБР РС-20 (640 БГ), ШПУ.

308 развернутых МБР РС-20 (3080 БГ) размещались в ШПУ на 6 базах МБР, из них 204 МБР – на 4 базах в России и 104 МБР на 2 базах в Казахстане. Здесь же находились 19 неразвернутых МБР РС-20 (14 – в России, 5 – в Казахстане).

База «Первомайск» (Украина) – 46 МБР РС-22 (460 БГ), ШПУ.
База «Татищево» (Россия) – 10 МБР РС-22 (100 БГ), ШПУ.

56 развернутых МБР РС-22 (560 БГ) размещались в ШПУ на двух базах (совместно с системой МБР РС-18), из них 10 МБР на одной базе в России, и 46 МБР на одной базе на Украине.

База «Кострома» (Россия) – 12 МБР РС-22М (120 БГ), ЖМПУ.
– 1 неразвернутая ЖМПУ.
База «Бершетъ» (Россия) – 9 МБР РС-22М (90 БГ), ЖМПУ.
База «Красноярск» (Россия) – 12 МБР РС-22М (120 БГ), ЖМПУ.

33 развернутых МБР РС-22М (330 БГ) размещались в ЖМПУ на трех базах (все – в России). На одной базе находилась также 1 неразвернутая ЖМПУ.

База «Лида» (Белоруссия) – 27 МБР РС-12М (27 БГ), ГМПУ.
База «Мозырь» (Белоруссия) – 27 МБР РС-12М (27 БГ), ГМПУ.
База «Тейково» (Россия) – 36 МБР РС-12М (36 БГ), ГМПУ.
База «Йошкар-Ола» (Россия) – 18 МБР РС-12М (18 БГ), ГМПУ.
База «Юрья» (Россия) – 45 МБР РС-12М (45 БГ), ГМПУ.
– 1 неразвернутая МБР.
– 1 неразвернутая ГМПУ.
База «Нижний Тагил» (Россия) – 45 МБР РС-12М (45 БГ), ГМПУ.
– 2 неразвернутых МБР.
– 2 неразвернутых ГМПУ.

База «Новосибирск» (Россия) – 27 МБР РС-12М (27 БГ), ГМПУ.
База «Канск» (Россия) – 27 МБР РС-12М (27 БГ), ГМПУ.
База «Иркутск» (Россия) – 36 МБР РС-12М (36 БГ), ГМПУ.

288 развернутых МБР РС-12М (288 БГ) размещались в ГМПУ на 9 базах, из них 234 МБР – на 7 базах в России и 54 МБР – на 2 базах в Белоруссии. Кроме того, на двух базах в России находились 3 неразвернутые МБР РС-12М и 3 неразвернутые ГМПУ.

Все 1398 МБР СССР были развернуты на 30 базах, при этом 24 базы были расположены на территории России (1064 МБР и 4278 БГ), 2 базы были расположены на территории Казахстана (104 МБР и 1040 БГ), 2 базы были расположены на территории Украины (176 МБР и 1240 БГ), 2 базы были расположены на территории Белоруссии (54 МБР и 54 БГ).

На базах МБР находилось также 67 неразвернутых МБР (47 – в России, 15 – на Украине, 5 – в Казахстане), 1 неразвернутая ЖМПУ и 3 неразвернутых ГМПУ.

Основная часть неразвернутых МБР находилась на 5 объектах складского хранения МБР (324 МБР).

Таблица 4.22. Объекты хранения неразвернутых МБР

Объект	РС-10	РС-12	РС-16	РС-18	РС-20	РС-22	РС-12М
«Колосово»	23	–	–	17	–	–	–
«Михайленки»	4	–	14	46	–	–	–
«Суроватиха»	–	–	86	–	–	–	12
«Пибаньшур»	–	–	1	–	27	–	–
«Хризолитовый»	–	21	–	–	31	6	36
Всего	27	21	101	63	58	6	48

Кроме того, несколько неразвернутых МБР находилось на испытательных полигонах.

Таблица 4.23. Технические характеристики МБР

Тип МБР	РС-10	РС-12	РС-16	РС-18
Топливо	жидкое	твердое	жидкое	жидкое
Число ступеней	2	3	2	2
Длина (без ГЧ), м	17	19,7	20,9	21,1
Максимальный диаметр, м	2	1,84	2,25	2,5
Стартовый вес, т	50,1	51	71,1	105,1
Забрасываемый вес, т	1,2	0,6	2,55	4,35
Вид ПУ	ШПУ	ШПУ	ШПУ	ШПУ

Тип МБР	РС-20	РС-22 (РС-22М)	РС-12М
Топливо	жидкое	твердое	твердое
Число ступеней	2	3	3
Длина (без ГЧ), м	29,1	18,8 (19)	18,5
Максимальный диаметр, м	3	2,4	1,8
Стартовый вес, т	211,1	104,5	45,1
Забрасываемый вес, т	8,8	4,05	1
Вид ПУ	ШПУ	ШПУ (ЖМПУ)	ГМПУ

3.3. Характеристики СНВ США

В соответствии с Меморандумом о договоренности об установлении исходных данных по состоянию на 1 сентября 1990 года были определены следующие характеристики стратегических ядерных сил США.

3.3.1. Количественные и технические характеристики СЯС

Таблица 4.24. Общие характеристики СНВ

Количество развернутых носителей СНВ (МБР, БРПЛ и ТБ)	2246 единиц
Количество боезарядов, числящихся за развернутыми носителями СНВ (МБР, БРПЛ и ТБ)	10563 единиц
Количество боезарядов, числящихся за развернутыми МБР и БРПЛ	8210 единиц
Количество боезарядов, числящихся за ТБ	2353 единицы
Забрасываемый вес развернутых МБР и БРПЛ	2361,3 т

Таблица 4.25. Число боеголовок и забрасываемый вес МБР

Тип МБР	Число боеголовок	Забрасываемый вес, т
Minuteman II	1	0,8
Minuteman III	3	1,15
MX	10	3,95

Таблица 4.26. Число боеголовок и забрасываемый вес БРПЛ

Тип БРПЛ	Число боеголовок	Забрасываемый вес, т
Poseidon	10	2
Trident I	8	1,5
Trident II	8	2,8

Таблица 4.27. Характеристики стратегической авиации

Тип ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности	
В пределах общего числа 150 ТБ	
В-52G	10
В-52H	10
Свыше общего числа 150 ТБ	
В-52G	12
Тип ТБ, не оснащенных КРВБ большой дальности	
В-52G	1
В-1	1

Таблица 4.28. Общие характеристики развернутых МБР

Тип МБР	Minuteman II	Minuteman III	MX	Всего
Число МБР	450	500	50	1000
Число боеголовок	450	1500	500	2450
Забрасываемый вес, т	360	575	197,5	1132,5
Тип ПУ	ШПУ	ШПУ	ШПУ	

МБР MX были развернуты только для ШПУ и не были развернуты для железнодорожной мобильной ПУ.

Таблица 4.29. Общие характеристики развернутых БРПЛ

Тип БРПЛ	Poseidon	Trident I	Trident II	Всего
Число БРПЛ	192	384	96	672
Число боеголовок	1920	3072	768	5760
Забрасываемый вес, т	384	576	268,8	1228,8

Таблица 4.30. Общие характеристики развернутых ТБ

Тип ТБ	В-52	В-1	Всего
Развернутые ТБ	479	95	574
ТБ, оснащенные КРВБ большой дальности	189	0	189
ТБ, не оснащенные КРВБ большой дальности	290	95	385
Боезаряды на ТБ	2258	95	2353
Боезаряды на ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности	1968	0	1968
Боезаряды на ТБ, не оснащенных КРВБ большой дальности	290	95	385

В соответствии с Меморандумом ТБ В-2 не был развернут.

3.3.2. Характеристики развертывания стратегической авиации

Тяжелые бомбардировщики США были развернуты на 14 базах ВВС и базе Davis-Monthan (штат Аризона), являющейся местом для переоборудования и ликвидации ТБ и бывших ТБ.

Таблица 4.31. Характеристики развертывания ТБ

База ТБ	Число ТБ	Число боеголовок
Barksdale Air Force Base, шт. Луизиана	27 В-52G	270
	7 В-52G	7
Carswell Air Force Base, шт. Техас	26 В-52Н	260
Fairchild Air Force Base, шт. Вашингтон	26 В-52Н	260
K.I. Sawyer Air Force Base, шт. Мичиган	19 В-52Н	190
Minot Air Force Base, шт. Северная Дакота	22 В-52Н	220
Wurtsmith Air Force Base, шт. Мичиган	19 В-52G	190
Eaker Air Force Base, шт. Арканзас	17 В-52G	204
Griffiss Air Force Base, шт. Нью-Йорк	16 В-52G	192
Castle Air Force Base, шт. Калифорния	14 В-52G	14
	11 В-52G	110
	5 В-52G	60
Loring Air Force Base, шт. Мэн	21 В-52G	21
McConnell Air Force Base, шт. Канзас	17 В-1	17
Grand Forks Air Force Base, шт. Северная Дакота	18 В-1	18
Dyess Air Force Base, шт. Техас	30 В-1	30
Ellsworth Air Force Base, шт. Южная Дакота	30 В-1	30

Всего на рассматриваемых 14 авиационных базах размещалось 325 ТБ, в том числе:

- 137 В-52G, из которых 42 ТБ не были оснащены КРВБ большой дальности, 57 ТБ были оснащены 10 КРВБ, а 38 ТБ – 12 КРВБ большой дальности;
- 93 В-52Н, оснащенных 10 КРВБ большой дальности;
- 95 В-1, не оснащенных КРВБ большой дальности.

На базе Davis-Monthan находилось 249 развернутых ТБ, в том числе 227 устаревших модификаций ТБ (В-52С, В-52D, В-52Е, В-52F) и 22 ТБ В-52G. Устаревшие модификации ТБ, по-видимому, предполагались к сокращению.

Таблица 4.32. Полная номенклатура ТБ

Тип ТБ	В-52G	В-52Н	В-1	В-52С	В-52D	В-52Е	В-52F
Число ТБ	159	93	95	29	91	49	58
Число БГ	1101	930	95	29	91	49	58

Таблица 4.33. Технические характеристики ТБ

Тип ТБ	В-52G	В-52Н	В-1В
Дата первоначального базирования на авиационной базе	01.11.58	08.05.61	07.07.85
Типы ТБ, с которыми прошли летные испытания КРВБ большой дальности	+	+	+
Тип КРВБ большой дальности	AGM-86B	AGM-129 AGM-86B	–
Максимальное количество КРВБ большой дальности, которым может быть оснащен ТБ	12	20	16
Максимальное количество КРВБ большой дальности, размещенное на внешних узлах крепления	12	12	8
во внутренних отсеках	0	8	8

Таблица 4.34. Технические характеристики КРВБ большой дальности

Тип КРВБ большей дальности	AGM-86B	AGM-129
Максимальная длина в сборе, м	6,4	6,4
Максимальный размер поперечного сечения фюзеляжа, м	0,64	0,74
Размах выпущенного крыла, м	3,6	3,1

3.3.3. Характеристики развертывания БРПЛ.

БРПЛ США были развернуты на ПЛ, базирующихся на трех базах ПЛ.

Таблица 4.34. База ПЛ – Polaris Missile Facility, Charleston, шт. Южная Каролина

Тип БРПЛ	Poseidon	Trident I
Число развернутых БРПЛ	192	192
Число развернутых ПУ	192	192
Число боеголовок	1920	1536
Число ПЛ – носителей БРПЛ	12	12
Тип ПЛ	Lafayette	Franklin
Число неразвернутых БРПЛ	113	56

Таблица 4.35. База ПЛ – Strategic Weapons Facility – Atlantic, King's Bay, шт. Джорджия

Тип БРПЛ	Trident II
Число развернутых БРПЛ	96
Число развернутых ПУ	96
Число боеголовок	768
Число ПЛ – носителей БРПЛ	4
Тип ПЛ	Ohio
Число неразвернутых БРПЛ	11

Таблица 4.36. База ПЛ – Strategic Weapons Facility – Pacific, Silverdale, шт. Вашингтон

Тип БРПЛ	Poseidon	Trident I
Число развернутых БРПЛ	0	192
Число развернутых ПУ	0	192
Число боеголовок	0	1536
Число ПЛ – носителей БРПЛ	0	8
Тип ПЛ	0	Ohio
Число неразвернутых БРПЛ	66	29

В соответствии с этими данными все БРПЛ США были размещены на 36 ПЛАРБ, в том числе система Poseidon (192 БРПЛ) – на 12 ПЛ класса Lafayette, система Trident I (384 БРПЛ) – на 12 ПЛ класса Franklin и 8 ПЛ класса Ohio, система Trident II – на 4 ПЛ класса Ohio. 28 ПЛАРБ базировались на Атлантическом побережье и 8 ПЛАРБ – на Тихоокеанском побережье США. На трех базах ПЛАРБ находилось также 275 неразвернутых БРПЛ, в том числе 179 БРПЛ Poseidon, 85 БРПЛ Trident I, 11 БРПЛ Trident II.

Таблица 4.37. Технические характеристики БРПЛ

Тип БРПЛ	Poseidon	Trident I	Trident II
Топливо	твердое	твердое	твердое
Число ступеней	2	3	3
Длина (без ГЧ), м	10,4	10,4	13,6
Максимальный диаметр, м	1,88	1,88	2,1
Стартовый вес, т	29,5	32,3	57,7
Забрасываемый вес, т	2	1,5	2,8

3.3.4. Характеристики развертывания МБР

МБР США были развернуты на шести базах. Все МБР размещались в ШПУ.

Таблица 4.38. Количественные характеристики развертывания МБР

База МБР	Minuteman II	Minuteman III	MX	Всего
F.E. Warren Air Force Base, шт. Вайоминг	–	150 (450)	50 (500)	200 (950)
Whiteman Air Force Base, шт. Миссури	150 (150)	–	–	150 (150)
Ellsworth Air Force Base, шт. Южная Дакота	150 (150)	–	–	150 (150)
Minot Air Force Base, шт. Северная Дакота	–	150 (450)	–	150 (450)
Grand Forks Air Force Base, шт. Северная Дакота	–	150 (450)	–	150 (450)
Malmstrom Air Force Base, шт. Монтана	150 (450)	50 (150)	–	200 (600)

Примечание. В скобках приведено количество боеголовок, находившихся на развернутых МБР.

20% всех МБР и около 40% всех боеголовок МБР были сосредоточены на ракетном комплексе F.E. Warren, шт. Вайоминг, включая все 50 наиболее современных МБР MX.

Неразвернутые МБР находились в основном на базе хранения (комплекс Oasis, шт. Юта) и на базе ремонта (база BBC Hill, шт. Юта).

Таблица 4.39. Численные характеристики размещения неразвернутых МБР

База	Minuteman II	Minuteman III	MX	Всего
Oasis Complex	18	74	0	92
Hill Air Force Base	24	41	10	75
Всего	42	115	10	167

Кроме того, несколько неразвернутых МБР находились на некоторых базах МБР и на испытательном полигоне базы ВВС Vandenberg, шт. Калифорния.

Таблица 4.40. Технические характеристики МБР

Тип МБР	Minuteman II	Minuteman III	MX
Топливо	твердое	твердое	твердое
Число ступеней	3	3	3
Длина (без ГЧ), м	14,9	14,6	17,1
Максимальный диаметр, м	1,68	1,68	2,4
Стартовый вес, т	32,7	35	88
Забрасываемый вес, т	0,8	1,15	3,95

3.4. Сравнение общих характеристик СНВ СССР и США

Проведем сравнение общих характеристик СНВ СССР и США по данным Договора об ограничении и сокращении СНВ 1991 года. Общим для обоих ядерных арсеналов СНВ является:

- примерно одинаковое засчитанное количество развернутых носителей (2500 единиц у СССР и 2246 единиц у США);
- примерно одинаковое засчитанное количество боезарядов на развернутых носителях СНВ (10271 единиц у СССР и 10563 единиц у США);
- структура СНВ в виде триады: системы МБР, системы БРПЛ и системы ТБ стратегической авиации.

Основные различия в СНВ двух стран были связаны с распределением СНВ по элементам триады. Эти различия хорошо видны из таблицы 4.41.

Таблица 4.41. Общие характеристики триады СНВ

Вид СНВ	МБР		БРПЛ		ТБ	
	СССР	США	СССР	США	СССР	США
Число носителей	1398	1000	940	672	162	574
Число боезарядов	6612	2450	2804	5760	855	2353
Забрасываемый вес, т	5199	1132	1427	1229	—	—

Основные преимущества СНВ СССР были сосредоточены в системе МБР, которая превосходила американскую систему МБР по числу боезарядов в 2,7 раза, по забрасываемому весу – в 4,6 раза. Основные преимущества СНВ США были сосредоточены в системе ТБ, которая превосходила советскую по числу ТБ в 3,55 раза, по числу боезарядов – в 2,75 раза, а также в системе БРПЛ, которая превосходила советскую по числу боезарядов в 2 раза.

Более тонкие различия существовали соответственно и внутри каждого вида триады.

Таблица 4.42. Характеристики структуры системы МБР СССР и США

Характеристика	СССР	США
Количество типов МБР	8	3
Количество МБР, оснащенных МГЧ	654	450
Количество типов МБР с РГЧ	5	2
Количество МБР, оснащенных РГЧ, и число боеголовок на них	744 (5958)	550 (2000)
Забрасываемый вес МБР с РГЧ, т	4496	773
Количество МБР с мобильными ПУ и число боеголовок на них	321 (618)	0 (0)
Забрасываемый вес мобильных МБР, т	422	0
Количество районов базирования МБР, в том числе для стационарных МБР	30 (18)	6 (6)
Количество типов современных МБР	5 (4)	2 (1)
Количество МБР современных типов и число боеголовок на них	985 (6199) 685 (4399)	550 (2000) 50 (500)

Отметим, что к современным типам МБР мы отнесли для СССР РС-18, РС-20, РС-22 (22М) и РС-12М, а для США – Minuteman III и MX, то есть те виды МБР, которые начали развертываться не ранее второй половины 70-х годов. Кроме того, приведены данные для современных типов МБР, из которых мы исключили для СССР систему РС-18, для США – систему Minuteman III.

Таблица 4.43. Характеристики структуры системы БРПЛ СССР и США

Характеристика	СССР	США
Количество типов БРПЛ	6	3
Количество БРПЛ, оснащенных МГЧ	484	0
Количество ПЛАРБ с БРПЛ, оснащенных МГЧ	35	0
Количество типов БРПЛ с РГЧ	3	3
Количество БРПЛ, оснащенных РГЧ и число боеголовок на них	456 (2320)	672 (5760)
Количество ПЛАРБ с БРПЛ, оснащенных РГЧ	27	36
Забрасываемый вес БРПЛ с РГЧ, т	989	1229
Количество баз ПЛАРБ	6	3
Количество современных типов БРПЛ	3 (2)	2 (2)
Количество современных БРПЛ	456 (232)	480 (288)
Количество боеголовок на современных БРПЛ	2320 (1648)	3840 (2304)
Количество их ПЛАРБ	27 (13)	24 (12)

К современным типам БРПЛ мы отнесли для СССР РСМ-50, РСМ-52, РСМ-54, оснащенные РГЧ, которые начали развертываться не ранее второй половины 70-х годов. В скобках приведены данные для современных типов БРПЛ, исключая РСМ-50.

К современным типам БРПЛ США мы отнесли системы Trident I и Trident II, удовлетворяющие критерию начала развертывания не позже второй половины 70-х годов. В скобках приведены данные для этих же типов БРПЛ, развернутых на современных ПЛАРБ типа Ohio.

Таблица 4.44. Характеристики структуры системы ТБ СССР и США

Характеристика	СССР	США
Количество типов ТБ и их модификаций	2 (6)	2 (7)
Количество ТБ с одним засчитанным боезарядом	63	385
Количество современных модификаций ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности	3	2
Количество ТБ, оснащенных КРВБ большой дальности, и число их засчитанных боеголовок	99 (792)	189 (1968)
Количество авиационных баз ТБ	5	15
Количество современных типов ТБ	1	1
Количество современных ТБ и засчитанных боеголовок на них	15 (120)	95 (95)

К современным модификациям ТБ, оснащенным КРВБ большой дальности, относятся для СССР ТУ-95МС6, ТУ-95МС16 и ТУ-160, для США – В-52G и В-52Н. К современным типам ТБ относятся для СССР ТУ-160, для США – В-1 (В-1В).

При сравнении систем ТБ необходимо отметить некоторый произвол в Договоре в отношении засчета боеголовок для различных типов ТБ. Возникают парадоксальные вопросы: современный тип ТБ США В-1 считается оснащенным по Договору одним боезарядом, хотя его последняя модификация В-1В проходила летные испытания и была оснащена 16 КРВБ большой дальности. ТБ В-52Н проходил испытания и может быть оснащен 20 КРВБ большой дальности, хотя в засчете по Договору он считается оснащенным только 10 КРВБ большой дальности. Похожие проблемы существовали и в отношении ТБ СССР. Эта неопределенность была в основном снята впоследствии в рамках Договора СНВ-2, когда было принято решение засчитывать число боезарядов на ТБ в соответствии с его максимально возможным боевым оснащением.

Таблица 4.45. Число боезарядов, размещенных на ТБ, по условиям Договора СНВ-2

СССР		США	
тип ТБ	число боезарядов	тип ТБ	число боезарядов
ТУ-95К	1	В-52С, В-52D, В-52Е, В-52F	1
ТУ-95К22	2	В-52G	12
ТУ-МС6	6	В-52Н	20
ТУ-МС16	16	В-1В	16
ТУ-160	12	В-2	16

С учетом этих сделанных впоследствии уточнений характеристики систем ТБ СССР и США в объеме номенклатуры, заявленной в Договоре СНВ-1, могут быть откорректированы (таблица 4.46). Мы примем при этом, что все ТБ В-1 отнесены к модификации В-1В.

Таблица 4.46. Количество боеголовок, находящихся на ТБ

Характеристика	СССР	США
Количество развернутых ТБ	162	574
Количество ТБ с одним зарядом	17	227
Количество боезарядов на ТБ,	1363	5515
в том числе на ТБ современных модификаций	1254	5288
в том числе на современных ТБ	180	1520

Рассматриваемое уточнение процедуры засчета боезарядов для ТБ приводит также к изменению общего числа боезарядов СНВ для номенклатуры по Договору СНВ-1:

- полное количество боеголовок СНВ для СССР – 10779 единиц;
- полное количество боеголовок СНВ для США – 13725 единиц.

Таким образом, стартовые позиции СССР и США перед Договором СНВ-1 несколько отличались: общее количество боезарядов СНВ у США могло быть фактически в 1,27 раза больше, чем у СССР, а несовершенная система засчета боезарядов для ТБ давала США существенные преимущества.

3.5. Дезинтеграция СССР и СИСТЕМА СНВ

3.5.1. Состояние и перспективы МБР

К 1991 году уже производилось свертывание ракетных систем РС-10, РС-12 и РС-16, как устаревших комплексов, не обладающих современными техническими характеристиками. В качестве перспективных ракетных систем рассматривались системы РС-22, РС-22М и РС-12М, и разрешенная Договором 1991 года половина тяжелых МБР РС-20.

К рассматриваемому времени резко усилились процессы дезинтеграции СССР и возникла непосредственная опасность расчленения ядерного оружейного комплекса СССР. В связи с этим особое значение приобрела фактическая структура размещения СЯС СССР по регионам.

Таблица 4.47. Распределение потенциала МБР по республикам

	Устаревшие системы	Современные системы (включая РС-18)			
	РФ	РФ	Казахстан	Украина	Беларусь
Число МБР	413	651	104	176	54
Число боеголовок	554	3724	1040	1240	54
Суммарный забрасываемый вес, т	535	2942,8	915,2	751,8	54
Суммарное энерговыделение, Мт	428–530	1838–2026	520–572	567–659	30
Количество районов базирования	8	16	2	2	2

Примечание. Суммарное энерговыделение боеголовок приведено по открытым данным из американских источников.

Естественно, возникал вопрос о первоочередном сокращении СЯС и МБР, в частности, находящихся за пределами РФ. При последовательной реализации этого плана (и сокращении устаревших систем) количество МБР СССР уменьшалось на 747 единиц (в 1,9 раза), количество боеголовок МБР – на 2288 единиц (в 1,8 раза), забрасываемый вес – на 2256 тонн (в 1,8 раза); мегатоннаж – в 1,9 раза; количество районов базирования МБР – на 14 (в 1,9 раза). По существу речь шла об уменьшении объема РВСН СССР в 1,8–1,9 раза.

Подчеркнем, что необходимость такого сокращения диктовалась двумя внутренними причинами:

- опасностью дезинтеграции СССР и раздела его ядерного наследства (дезинтеграция реализовалась, проблемы с фактическим разделом ядерного оружия СССР существуют до сих пор);
- необходимостью сокращения устаревших систем (отметим, что в связи с экономическим кризисом СССР практическая возможность их замены на новые комплексы отсутствовала).

В случае сохранения единого государства оставшаяся часть РВСН в принципе могла функционировать, и в этом случае Договор 1991 года о сокращении и ограничении СНВ представлялся уже как выгодное соглашение для СССР, поскольку обязывал США ограничивать свои СЯС, в то время как СССР в любом случае был вынужден это делать.

К осени 1991 года процесс дезинтеграции СССР зашел, однако, столь далеко, что при прогнозировании возможного облика СЯС необходимо было учитывать уже не только принцип территориального размещения СЯС, но и особенности размещения производства их основных компонент.

Производство и научно-техническая разработка ЯБП была сосредоточена в основном в РФ. Развитие дезинтеграционных процессов (и распад СССР, который реализовался позднее) существенно осложнило возможности жизнедеятельности этой системы, но не могли сами по себе привести к невозможности ее функционирования. Ее дальнейшая судьба полностью определялась новым военно-политическим курсом и практическими экономическими возможностями РФ.

Положение с производством и разработкой МБР было значительно сложнее, поскольку производство двух основных современных типов МБР СССР (РС-20, РС-22) базировалось на Украине в Днепропетровске и Павлограде. Возможность создания на территории РФ производства этих МБР в условиях экономического кризиса представлялась сомнительной. В связи с этим вырисовывалась перспектива сохранения в составе РВСН РФ только ракетных комплексов в составе РС-18 и РС-12М. В таблице 4.10 приведены характеристики этой проекции РВСН СССР на плоскость потенциальных российских возможностей. При этом, естественно, предполагалось, что Россия политически подтвердит статус ядерной державы и будет в состоянии выделить средства на поддержание и воспроизводство этого ограниченного объема РВСН (отметим, что в 1991 году эти моменты не были достаточно очевидными).

В таблице 4.48 для сравнения приведены характеристики обсуждаемой ограниченной системы РВСН РФ и аналогичные характеристики исходной системы РВСН СССР. Видно, что последовательный учет основных последствий дезинтеграции СССР приводил к уменьшению:

- количества МБР в 3,46 раза;
- количества БГ МБР в 5,27 раза;
- количества районов базирования в 3,33 раза;
- забрасываемого веса МБР в 5,34 раза;
- интегральной мощности БГ МБР в 4,9–5,5 раз.

Таблица 4.48. Характеристики потенциала МБР

	Россия			СССР
	РС-18	РС-12М	Всего	Всего
Число МБР	170	234	404	1398
Число боеголовок	1020	234	1254	6612
Количество районов базирования	2	7	9	30
Суммарный забрасываемый вес, т	739	234	973	5199
Суммарное энерговыделение, Мт	561	129	690	3383–3817

Примечание. Суммарное энерговыделение боеголовок приведено по открытым данным из американских источников.

По существу рассматриваемое сокращение, неизбежное в условиях дезинтеграции СССР, означало крах созданной в СССР основы стратегических ядерных сил – развитой системы МБР наземного базирования.

В этих условиях уже не могло идти речи о возможности сохранения ядерного паритета с США и достаточности сдерживающего потенциала в условиях политики ядерного противостояния. Необходимы были радикальная смена политических взаимоотношений с США, ликвидация антиамериканской направленности системы ядерных вооружений РФ и достижение политических договоренностей с США о двустороннем радикальном ограничении СЯС обоих государств до уровня, который РФ будет в состоянии в перспективе поддерживать. Иной политический выбор был чреват деградацией ядерного потенциала РФ до рассматриваемого уровня при сохранении (или увеличении) ядерного потенциала США масштабов 1991 года. Это был бы крайне опасный вариант развития событий для долгосрочных интересов РФ.

3.5.2. Состояние и перспективы БРПЛ

Подводные лодки-носители БРПЛ принадлежали Северному и Тихоокеанскому флотам и были приписаны к базам, находящимся на территории РФ. Производство основных модулей подводных лодок и БР, их разработка сосредоточена на территории РФ. В этом плане положение с данным видом триады СЯС в связи с дезинтеграцией СССР представлялось существенно проще, чем положение с МБР. С другой стороны, необходимо было учитывать, что ракетные системы РСМ-25, РСМ-40 и РСМ-45 представляли собой устаревшие по своим техническим возможностям комплексы, которые ранее предполагались к сокращению и замене. На долю этих трех систем приходилось 35 (56,5%) ПЛ, носителей БРПЛ и всего 484 (17,3%) боеголовок БР ПЛ.

Необходимо также учитывать, что БР ПЛ всегда рассматривались как вспомогательный вид триады СЯС, что было обусловлено возможностями осуществления общего военно-стратегического контроля США над мировым океаном.

Поэтому роль БР ПЛ в новых условиях определялась прежде всего материальными возможностями РФ в отношении поддержания и модернизации этого вида СЯС и изменением представлений о задачах и возможностях комплексов БР ПЛ в условиях новой политики России (ликвидация антиамериканской направленности ядерного потенциала РФ). Поскольку содержание и воспроизводство большого количества ПЛ с БР ПЛ являлось тяжелым экономическим бременем, а вопрос достижения военно-морского паритета с США отпал, то уже в 1991 году представлялось оптимальным ограничение БР ПЛ РФ системами РСМ-52 и РСМ-54 или их последующими модернизациями. Представлялось важным добиваться договорным образом двустороннего ограничения этого вида СЯС на примерно таком уровне.

В таблице 4.48 приведены основные характеристики такой ограниченной системы БР ПЛ РФ.

Таблица 4.48. Характеристики потенциала БРПЛ

	РСМ-52	РСМ-54	Всего	Всего СССР
Число ПЛ	6	7	13	62
Число БРПЛ	120	112	232	940
Число боеголовок	1200	448	1648	2804
Суммарный забрасываемый вес, т	306	314	620	1427
Суммарное энерговыделение, Мт	120	120	240	665–1195

Примечание. Суммарное энерговыделение боеголовок приведено по открытым данным из американских источников.

Рассматриваемый подход позволял сократить по сравнению с СЯС СССР число ПЛ в 4,75 раза, число БР ПЛ – в 4,05 раза, при уменьшении числа БГ БР ПЛ всего в 1,7 раза, забрасываемого веса БР ПЛ – 2,3 раза и интегрального энерговыделения боеголовок БР ПЛ – в 2,8–5 раз.

3.5.3. Состояние и перспективы системы ТБ

Стратегическая авиация СЯС территориально была расположена в 1991 году на территории трех республик СССР: в России, на Украине и в Казахстане. Из 162 ТБ 157 единиц размещалось на территории пяти военных баз. Из остальных 5 ТБ 2 самолета ТУ-160 находились в Казанском производственном объединении, 1 самолет ТУ-95 МС находился в Куйбышевском производственном объединении, 2 самолета других модификаций ТУ-95 находились на территории хранилища стратегической авиации в Узине (Украина). Все эти 5 ТБ были засчитаны как развернутые носители СЯС. Таким образом, из данных пяти засчитанных ТБ 3 ТБ относились к РФ (24 боеголовки), а 2 ТБ – к Украине (2 боеголовки).

Таблица 4.48. Характеристики потенциала ТБ СССР

База	Россия		Украина		Казахстан
	Моздок	Украинка	Прилуки	Узин	Семипалатинск
Тип ТБ	ТУ-95 МС	ТУ-95	ТУ-160	ТУ-95 МС	ТУ-95 МС
Число ТБ	22	61	13	21	40
Число боеголовок	176	61	104	168	320
Суммарное энерговыделение, Мт	93–227		68		80
Доля боеголовок ТБ, находившихся в данной республике	28,6		32,8		38,6
Доля интегрального энерговыделения боеголовок ТБ, находившихся в данной республике	38,5–60,5		28,2–18,1		33,3–21,4

Примечание. Суммарное энерговыделение боеголовок приведено по открытым данным из американских источников.

Из таблицы 4.48 следует, что:

- стратегическая авиация была размещена примерно поровну между тремя республиками;
- новые системы ТБ (ТУ-95 МС и ТУ-160) размещались, в основном, на Украине и в Казахстане.

Производство ТБ ТУ-95 МС и ТУ-160 было сосредоточено в основном на территории РФ (Самара, Казань).

В этих условиях представлялось целесообразным вывести в 1991 году все ТБ ТУ-95 МС и ТУ-160 на территорию РФ, и на базе этих двух самолетов-носителей создать стратегическую авиацию РФ.

Таблица 4.49. Характеристики возможного потенциала ТБ России

Система	ТУ-160	ТУ-95 МС	Всего
Число ТБ	15–13	84–83	99–96
Число боеголовок	120–104	672–664	792–768
Суммарное энерговыделение, Мт	30–26	168–166	198–192

Примечание. Суммарное энерговыделение боеголовок приведено по открытым данным из американских источников.

Возможность поддержания и воспроизводства такой системы ТБ определялась бы только экономическими возможностями РФ.

К сожалению, заблаговременное перебазирование стратегической авиации на территорию РФ не было осуществлено, а затем реализация этого подхода столкнулась и будет связана в дальнейшем со значительными трудностями.

3.5.4. Итоговые характеристики стратегических ядерных сил РФ, определяемые дезинтеграцией СССР

На основании приведенных данных был оценен возможный минимальный объем СЯС России, определяемый дезинтеграцией СССР. Рассматриваемая структура СЯС должна была удовлетворять следующим условиям:

- все рассматриваемые виды СЯС базируются и в основном производятся на территории РФ;
- на территории РФ не создаются новые места базирования стратегических комплексов по сравнению с существующими на период 1991 года;
- сокращаются устаревшие комплексы МБР и БРПЛ.

В таблице 4.50 приведено сравнение общих характеристик рассматриваемого ограниченного объема СЯС РФ с общими характеристиками СЯС СССР 1991 года, а также с уровнем ограничений СЯС, принятых Договором 1991 года об ограничении и сокращении СНВ.

Таблица 4.50. Характеристики потенциала СЯС

Характеристика	СССР	РФ	Ограничения по Договору
Количество носителей СЯС	2500	719 (29%)	1600
Количество боеголовок СЯС	10271	2858 (28%)	6000
Забрасываемый вес МБР и БРПЛ, т	6626	1593 (24%)	3600
Количество БГ МБР и БРПЛ	9416	2621 (28%)	4900
Количество тяжелых МБР и БГ	308	- (0)	154
Количество БГ мобильных МБР	618	234 (38%)	1100
Интегральное энерговыделение, Мт	$(4.3-5.4) \cdot 10^3$	$(1-1.16) \cdot 10^3$ (21.5%)	
Поражаемая площадь, кв. км	$(4.75-5.45) \cdot 10^5$	$(1.2-1.26) \cdot 10^5$ (24%)	

Примечание. В скобках приведена доля рассматриваемой характеристики СЯС РФ от ее общего объема в СЯС СССР.

Из таблицы следует, что объем СЯС РФ, определяемый ограничениями, создаваемыми дезинтеграцией СССР (и сокращением устаревших комплексов), составляет от 24% до 28% от общего объема СЯС СССР и количественно существенно меньше ограничений, устанавливаемых Договором 1991 года.

В качестве основных проблем, возникавших в связи с такой радикальной перестройкой системы СЯС, рассматривались:

- изменение ограниченной системы СЯС РФ с целью повышения ее эффективности, экономичности и обеспечения воспроизводства;
- достижение договоренностей с США с целью двусторонних ограничений уровней СЯС на более низком уровне (по сравнению с Договором 1991 года), приемлемом для РФ в новых условиях.

4. НОВОЕ СООТНОШЕНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ СИЛ

4.1. Стабильность биполярного мира

Потенциальные возможности создания противоракетной обороны казались привлекательными, пока противник располагал относительно небольшим количеством боеголовок. Расширение систем МБР и БРПЛ и переход на оснащение РГЧ привел к столь значительному росту числа потенциальных целей для ПРО, что возможность создания эффективной системы стала сомнительной.

Переход на РГЧ и повышение точности боеголовок, появление высокоточных КР большой дальности выдвинули на первый план проблему возможности нанесения превентивного обезоруживающего удара по ядерному потенциалу противника. СССР и США неоднократно опровергали, что целью развития их ядерных сил является создание потенциала первого удара, однако техническое развитие продвигалось в этом направлении. В качестве мер противодействия первому удару рассматривались:

- укрепление ШПУ МБР;
- развитие мобильных типов СНВ (МБР и стратегической авиации);
- расширение системы БРПЛ;
- общий рост числа носителей и боеголовок.

Для СССР особое значение имели такие меры, как укрепление ШПУ МБР, создание мобильных МБР автомобильного и железнодорожного базирования и расширение системы БРПЛ.

Для США особое значение имело расширение системы БРПЛ и стратегической авиации. Различия в подходах определялось различием в геостратегическом положении. Общий контроль за ми-

ровым воздушным пространством осуществляли США, у них было преимущество и в общем контроле над мировым океаном, хотя СССР вступил здесь в активную борьбу, создав мощный подводный флот. В качестве средства противодействия стратегической авиации США, оснащенной большим количеством КР большой дальности, в СССР развивалась масштабная система ПВО. При этом учитывалось, что, ввиду большого полетного времени ТБ и КР, их возможности в нанесении превентивного удара по стартам МБР России ограничены. Основное беспокойство вызывала возможность использования в качестве средств первого удара систем МБР США MX и Minuteman III, и системы БРПЛ Trident II, которая впервые в истории развития БРПЛ стала высокоточным оружием, способным поражать прочные цели.

Определенный резонанс вызвало также развертывание США в Западной Европе высокоточных БР средней дальности Pershing II, обладавших при этом малым полетным временем. Однако эти ракеты имели ограниченную дальность и не могли угрожать комплексам МБР, расположенным за Уралом и в Казахстане. Это была, как показало крайне невыгодное для СССР заключение Договора о ликвидации РСМД, политическая игра.

Соответствующее беспокойство в отношении первого удара со стороны СССР было связано в США, в первую очередь, с возможностями таких систем МБР, как SS-18 и SS-24, а также с развитием в СССР средств противолодочной обороны, которые могли бы угрожать ПЛАРБ США и БРПЛ еще на начальной стадии масштабного конфликта. Высокоточными БРПЛ СССР не обладал.

В таблице 4.51 приведены потенциальные возможности средств первого удара США и СССР в 1990 году. Отметим, что мы отнесли к таким средствам системы МБР и БРПЛ с вероятностью поражения прочной цели не менее $p_0 = 0,5$. При этом мы не учитываем заявления о том, что те или иные средства официально не рассматривались как средства первого удара, так как в конечном итоге важны только технические возможности.

Таблица 4.51. Характеристики потенциала первого удара США и СССР в 1991 году

Возможности США		Возможности СССР	
Количество боеголовок первого удара $N_{БГ}^1$		Количество боеголовок первого удара $N_{БГ}^1$	
Minuteman III	1500	SS-18	3080
MX	500	SS-24	890
Trident II	768		
Всего	2768	Всего	3970
Эффективность средств первого удара $\mathcal{E}_{БГ}^1$		Эффективность средств первого удара $\mathcal{E}_{БГ}^1$	
Minuteman III	828	SS-18	2372
MX	475	SS-24	685
Trident II	753		
Всего	1956	Всего	3057
Количество основных целей $N_{МБР}^0$		Количество основных целей $N_{МБР}^0$	
МБР СССР	1398	МБР США	1000
Потенциал первого удара П	1,12	Потенциал первого удара П	2,44

Под эффективностью средств первого удара $\mathcal{E}_{БГ}^1$ мы понимаем число прочных целей, которые могут быть поражены данными средствами СНВ, то есть $\mathcal{E}_{БГ}^1 = \sum N_{БГ}^1 p_0^i$ (суммирование проводится по всем типам боеголовок, используемым в средствах первого удара СНВ).

Параметр $\Pi = \gamma \mathcal{E}_{БГ}^1 / N_{МБР}^0$ представляет собой кратность (число раз) возможного уничтожения системы МБР противника средствами первого удара. Разумеется, это идеализированная характеристика, которая оперирует в рамках простейшей модели поражения прочной цели такими пара-

метрами, как прочность σ к давлению в ударной волне и КВО, и не учитывает, с одной стороны, комплексного воздействия ядерного взрыва на цель, а с другой стороны, особенности боевой ситуации, такие как погрешность в целеуказании, возможности пуска МБР до удара по ней боеголовок и т.д. Величина γ представляет собой надежность пуска боеголовки сил первого удара; ее значение принято, как и выше, равным 0,8.

Теоретически при рассматриваемых уровнях точности и прочности возможность первого удара существовала ($\Pi > 1$), но практически (так как ответ на вопрос требовался с абсолютной достоверностью) ее не было. При этом реальное число целей, которые требовалось уничтожить в первом ударе, было существенно больше, чем количество стартов МБР, в особенности в случае удара по США, где МБР не имели подавляющего значения в составе СЯС. За пределами этих оценок находятся мощные системы ПЛАРБ и БРПЛ и возможность ответного удара со стороны стратегической авиации. Это делало возможность первого удара СССР еще более сомнительной, чем сомнительная возможность США. Обезоруживающий первый удар был невозможен, примерный паритет общих боевых возможностей СЯС существовал – в результате была реализована стратегическая стабильность биполярного мира.

4.2. Распад СССР и кризис СНВ России

К концу 90-х годов положение с балансом ядерных сил стало существенно меняться. Эти изменения связаны со следующими факторами:

- распадом СССР и ликвидацией возможности воспроизводства современных высокоточных МБР с большим забрасываемым весом: SS-18 и SS-24; при этом 150 МБР класса SS-18 и SS-24 (38% от их общего числа) остались на территории Казахстана и Украины;
- экономическим кризисом в России и отсутствием значимого финансирования для модернизации СНВ;
- модернизацией США своих СНВ за счет их оснащения высокоточными системами, в первую очередь, расширения системы БРПЛ Trident II;
- резким сокращением количества и боевых возможностей ВМФ России, включая ПЛАРБ и их БРПЛ и системы противолодочной обороны; контроль над мировым океаном перешел к США и странам НАТО;
- потерей основной части современных ТБ ТУ-160, которые остались на Украине;
- сокращением возможностей системы предупреждения о ракетно-ядерном нападении (потеря части наземных радаров, ослабление космических средств обнаружения).

Действие этих факторов, определивших разрушение СНВ России, происходило в условиях договорных ограничений СНВ между СССР и США, России и США в рамках Договоров СНВ-1 и СНВ-2.

В соответствии с этим возникает вопрос о возможностях ответного удара России СЯС в новых условиях.

В таблице 4.52 приведены возможности МБР и БРПЛ США средств первого удара в 1999 году. Здесь же приведены оценки возрастания этого потенциала при оснащении всех БРПЛ Trident II мощной боеголовкой W88.

Потенциал П системы МБР и БРПЛ США вырос за последние 10 лет в три раза. Реальный рост возможностей первого удара США еще выше, в том числе за счет резкого ослабления ответных возможностей БРПЛ России и ослабления системы ПВО, что существенно повышает возможности КР БД СНВ США, которые в приводимых оценках не учитывались.

Таблица 4.52. Характеристики потенциала первого удара США в 1999 году

	1999	Потенциал
Количество боеголовок первого удара		
Minuteman III	1500	1500
MX	500	500
Trident II	1920	1920
Всего	3920	3920
Эффективность боеголовок первого удара		
Minuteman III	828	828
MX	475	475
Trident II	1544	1882
Всего	2847	3185
Количество основных целей (МБР России)	756	756
Потенциал первого удара П	3	3,35

4.3. Угроза потери ядерного сдерживания для России

В течение ближайшего десятилетия при отсутствии принятия радикальных мер будет продолжаться ослабление ядерных возможностей России и дальнейший рост преимуществ СНВ США. Эта тенденция будет определяться:

- ликвидацией остатков системы МБР SS-18 и SS-24;
- отсутствием новой российской МБР со значительным забрасываемым весом;
- отсутствием экономических возможностей масштабного увеличения числа новых МБР;
- сокращением системы БРПЛ и крайне ограниченными общими возможностями ВМФ России по противодействию ВМФ США и НАТО;
- проблемами возможностей эффективного перехвата системой ПВО массовой атаки системы КР ALCM стратегической авиации США;
- реализацией США выполнения условий Договора СНВ-2 с учетом:
 - сохранения системы МБР Minuteman III и возможностей реверса ее боевого оснащения тремя боеголовками;
 - повышения точности боеголовок Minuteman III;
 - возможностей реверса ядерного статуса части стратегической авиации, являющейся по Договору СНВ-2 неядерной (в частности, ТБ В-1В);
 - сохранения избыточного количества БРПЛ за счет неполного оснащения боеголовками и возможности увеличения числа боеголовок БРПЛ при обратном переходе на их полное боевое оснащение;
- возрастанием роли ядерного фактора Великобритании и Франции.

В таблице 4.53 приведены прогнозируемые возможности МБР и БРПЛ средств первого удара США и стран НАТО к концу первого десятилетия XXI века. Здесь же приведены оценки возможностей этого потенциала при полном боевом оснащении систем Minuteman III и Trident II.

Таблица 4.53. Оценка возможного потенциала первого удара США и НАТО к 2010 году

	2007–2010	Потенциал
Количество боеголовок первого удара США		
Minuteman III	500	1500
Trident II	1728	2304
Всего	2228	3804
Эффективность боеголовок первого удара США		
Minuteman III	490	1470
Trident II	1693	2258
Всего	2183	3728
Количество боеголовок первого удара Великобритании		
Trident II	192	512
Эффективность боеголовок первого удара Великобритании		
Trident II	146	502
Количество боеголовок первого удара Франции		
M45	384	384
Эффективность боеголовок первого удара Франции		
M45	211	211
Общее количество боеголовок первого удара	2804	4700
Эффективность боеголовок первого удара	2540	4441
Количество основных целей (МБР России)	605	605
Потенциал первого удара П	3,35	5,85

Таким образом, на стадии реализации Договора СНВ-2 общий потенциал средств первого удара США, Великобритании и Франции составит $P \approx 3,35$, а с учетом возможного реверса снятых боеголовок он достигнет $P = 5,85$. Существенно, однако, что ослабление средств ответного удара России будет связано не только с существенно большими потерями МБР в первом ударе противника, но и с уменьшением абсолютных масштабов ответного удара. В ближайшее десятилетие ослабление возможностей ответного удара России только за счет уменьшения объема СЯС может составить от 3,35 до 6,3 раз.

5. ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ

В развитии ядерных боеприпасов СССР и средств их доставки всегда важное значение придавалось возможности преодоления средств обороны США. На первых этапах ядерного противостояния речь шла о преодолении системы противовоздушной обороны, а затем о преодолении системы возможной противоракетной обороны. Поэтому, в рамках данной главы представляется целесообразным рассмотреть основные этапы развития работ в области создания ПРО в США. Это тем более важно сейчас, поскольку в 2002 году США вышли из Договора по ПРО 1972 года и предпринимают новые усилия по созданию системы ПРО.

5.1. Развитие систем противовоздушной обороны в США

Командование противовоздушной обороны США было создано в 1946 году, и его задачей была определена защита территории от воздушных атак противника. В начале 1948 года было признано, что в этих целях необходимо использование нового оборудования с современной электрони-

кой, самолетами-перехватчиками и наземными средствами защиты, включая радиолокационные станции раннего предупреждения. Эти работы интенсивно развивались, и в 1953 году считалось, что средства ПВО США способны уничтожить 85–95% советских бомбардировщиков в случае их атаки на территорию США (любопытно, что в это время на вооружение СССР были только стратегические бомбардировщики ТУ-4 с дальностью до 6000 км). Испытание в СССР в 1953 году термоядерного заряда в сильной степени повысило приоритет разработок в США в области противовоздушной обороны, и в то же время сделало практически бесполезными часть прежних средств перехвата (в частности, артиллерию ПВО). В это время были начаты такие программы, как SAGE и DEW. Система SAGE включала использование наиболее современных радаров и компьютеров в пятидесяти центрах на территории США. Эти центры координировали все виды средств ПВО, в первую очередь самолеты-перехватчики и противосамолетные ракеты, включая комплексы BOMARC и армейские комплексы Nike Ajax и Nike Hercules.

Проект BOMARC был начат в 1950 году и включал использование управляемой ракеты дальнего радиуса действия (около 600 км) с ядерным боевым оснащением. Предполагалось, что зоны действия этого комплекса будут способны покрывать всю территорию США. Эту программу преследовало большое количество неудач на испытаниях, низкие оперативные возможности и постоянный рост стоимости. Система BOMARC была развернута, начиная с 1959 года, и находилась на вооружении до 1972 года. Она была оснащена боеголовкой W40 на основе бустированного заряда с энерговыделением в 10 кт.

Армейский ракетный комплекс Nike Ajax в период с 1953 по 1959 год заменил артиллерию ПВО и был развернут вокруг жизненно важных центров США. Этот комплекс был в состоянии поражать цели на расстоянии до 50 км и на высотах до 20 км. Он был заменен на комплекс Nike Hercules, который имел дальность действия до 150 км и был способен перехватывать цели на высотах до 30 км. Система Nike Hercules была развернута в период с 1958 по 1988 год и была оснащена боеголовкой W31 в двух вариантах – с энерговыделением 1 кт и 12 кт.

Система SAGE начала действовать в 1958 году и была развернута в 1961 году. Линия DEW, развернутая в 1957 году, состояла из серии радаров, установленных по всей границе Северной Америки с характерным «шагом» около 80 км.

Следует отметить, что при развитии масштабной системы ПВО в США в 1956 году предполагали, что СССР в 1959 году сможет развернуть 300 стратегических бомбардировщиков ТУ-95 и 400 стратегических бомбардировщиков М-4 (ЗМ). Однако в действительности СССР имел в это время всего около 85 самолетов этих типов. Приоритетным направлением работ в СССР стало развитие ракетного оружия. Это привело к резкому изменению ситуации. Короткие времена полета и высокие скорости ракет обесценили в значительной степени усилия в создании масштабной системы ПВО США. Часть планов развития элементов системы ПВО была отменена, а часть планов – изменена. В 1957 году программа BOMARC предполагала использование от 6200 до 17300 ракет. Однако в 1958–1959 годах были произведены существенные сокращения этих планов, и в США было развернуто только 224 пусковых установки с 392 ракетами этого типа, которые к тому же стали вскоре снимать с вооружения. Любопытно отметить, что стоимость полномасштабной программы BOMARC оценивалось от 50 до 250 миллиардов долларов.

Другие части программы ПВО США развивались по инерции. Первый сверхзвуковой истребитель-перехватчик F-106 поступил на вооружение ВВС в июне 1958 года, и в следующие четыре года было развернуто около 300 таких самолетов. Они были оснащены крылатыми ракетами воздух-воздух Genie с боеголовками W25, использовавшими не бустированный заряд с энерговыделением 1,7 кт.

Развертывание армейской ПВО с использованием ракет Nike Hercules продолжалось до 1962 года, когда вокруг городов США и военных баз было развернуто 1600 пусковых установок этого типа. Это произошло вскоре после того, как управляющая система SAGE вошла в строй и стала уязвимой для советских ракет.

В 1958–1959 годах на вооружение ВМФ США стали поступать средства ПВО в виде ракет поверхность-воздух Terrier и Talos, которые предназначались для отражения атак сверхзвуковых самолетов.

В начале 60-х годов SAGE, DEW и другие компоненты ПВО ничего не могли сделать для перехвата ракет СССР. Баллистические ракеты могли быстро поразить ключевые элементы системы

ПВО, сделав в дальнейшем возможным и прохождение к целям стратегической авиации. Использование баллистических ракет для подавления системы ПВО стало одним из центральных элементов в стратегических военных планах ядерных государств.

5.2. Развитие противоракетной обороны в США

Первые разработки перехватчика ракет были начаты в США в 1955 году на основе ракеты наземного базирования Nike Zeus. Эта ракета, оснащенная боеголовкой W50 с энерговыделением в 400 кт, должна была перехватывать головные части противника за пределами атмосферы. Эта система была чувствительна к простейшим способам противодействия, таким как ложные цели, и могла действовать только против небольшого количества первых советских МБР, но не могла эффективно перехватывать их более совершенные типы. Несмотря на давление со стороны военных, президент Джон Кеннеди в ноябре 1961 года решил не разворачивать систему Nike Zeus. Первоначально обсуждалась возможность развертывания 7000 противоракет этого типа, которые должны были оборонять 27 районов на территории США и Канады.

Исследования по противоракетной программе продолжались по проекту Nike X, который развивал радары и ракеты Nike и проекту Defender, который объединял исследовательские и технологические усилия для разработок более амбициозных способов перехвата баллистических ракет. Так, например, в рамках проекта Defender рассматривалась программа BAMB1, которая предполагала выведение в космос сотни космических станций с ракетами-перехватчиками. Эти ракеты предполагалось оснастить металлическими сетками диаметром около 120 метров, которые должны были сталкиваться с баллистическими ракетами на активном участке и разрушать их.

Поскольку в это время началась война во Вьетнаме, то в США стала обсуждаться возможность военной поддержки Вьетнама со стороны КНР, подобно тому, как это было в период Корейской войны. Поэтому администрация президента Линдона Джонсона стала рассматривать возможность создания ограниченной системы ПРО, направленной против возможностей атаки со стороны Китая. В 1968 году было объявлено о планах создания такой системы перехватчиков и радаров – программа Sentinel. Эта программа не пользовалась поддержкой со стороны республиканцев, и в 1969 году новый президент Ричард Никсон объявил о ее отмене, предложив заменить ее более современной программой Safeguard. Все эти три системы Nike X, Sentinel и Safeguard имели общие основы: они использовали два типа радаров (радары, размещенные по периметру обороняемой территории, и радары на ракетных площадках), которые существенно лучше определяли траектории ракет и осуществляли целеуказание, чем их предшественники. Ракета дальнего радиуса действия Spartan была оснащена боеголовкой W71 большой мощности (5 Мт) для поражения целей за пределами атмосферы. Высокоскоростная ракета ближнего радиуса действия Sprint перехватывала цели в атмосфере, когда многие типы ложных целей не мешали перехвату и была оснащена боеголовкой низкой мощности W66 (килотонный уровень). Однако радары этой системы были очень дороги и уязвимы для возможности прямой атаки на них. Кроме того, для работы системы создавали помехи высотные взрывы ракеты Spartan. По совокупности различных факторов оказалось, что стоимость такой системы обороны будет больше стоимости усилий по ее преодолению. Поэтому было решено осуществить минимальное ограниченное развертывание этой системы.

Договор 1972 года ограничил возможность развертывания систем ПРО двумя площадками в пределах радиуса 150 км от столицы и от одной из баз МБР, а Протокол к нему в 1974 году ограничил возможности развертывания только одной площадкой по выбору каждой стороны – СССР и США. США выбрали для развертывания противоракет район Nekoma вблизи базы BBC Grand Forks, штат Северная Дакота, на которой находилась 150 МБР Minuteman. СССР выбрал для развертывания противоракет район Москвы. Площадка в Nekoma была оборудована и стала действовать с 1 октября 1975 года. В 1976 году готовность площадки Nekoma была понижена по сравнению с уровнем полного оперативного статуса. Любопытно, что «деактивация» программы Safeguard связывалась с развертыванием на советских МБР РГЧ ИН, которые сводили, по мнению специалистов США, практически к нулю возможности использования ракет Safeguard для защиты базы МБР Minuteman. Программа Safeguard была закрыта в 1978 году, хотя ее радары продолжали работать как средства раннего предупреждения о ракетном нападении.

После подписания Договора по ПРО исследования в США в области ПРО сосредоточились на совершенствовании технологий для обороны ШПУ. Специальная программа предусматривала разработку радаров и перехватчиков для этих целей, хотя различные ограничения лимитировали развитие этих работ и исключали возможность испытаний прототипа системы. Эта программа сформировалась к началу 80-х годов для обороны стартов МБР МХ и была известна, как программа LoADS. В это же время исследовались вопросы, связанные с развитием перехватчиков большого радиуса действия, в том числе средств воздушного и космического базирования, которые были включены впоследствии в программу СОИ.

5.3. Положение перед заключением Договора по ПРО 1972 года. Задачи создания ПРО

В период, предшествовавший заключению договора по ПРО, в стратегическом соотношении сил между США и СССР происходили важные изменения.

60-е годы характеризовались интенсивным развитием в СССР МБР, как средства доставки ЯО, способного непосредственно поражать территорию США. В период между 1967 и 1972 годом общее количество МБР СССР возросло более чем в два раза и составило около 1550 единиц. Значительно возросло при этом и число тяжелых МБР, которое составило 240 единиц. РВСН стали основной компонентой стратегических ядерных сил СССР. В этот же период времени быстро наращивался потенциал ядерного подводного флота. Количество БРПЛ за эти пять лет возросло более чем в пять раз и составило около 500 баллистических ракет. Общий стратегический ракетно-ядерный потенциал СССР в 1972 году примерно в семь раз превышал минимальный потенциал, необходимый для нанесения США неприемлемого ущерба в первом ударе (около 300 доставленных боеголовок считалось достаточным для практического уничтожения основной части ВЭП США).

В качестве основной угрозы США рассматривали РВСН СССР. Это было связано с тем, что в силу геополитических особенностей и общего превосходства ВМФ, НАТО и США в основном контролировали мировой океан и могли рассчитывать вывести из строя ядерные подводные лодки СССР еще на безъядерной стадии конфликта.

С выработкой средств противодействия РВСН положение было существенно сложнее. В США рассматривалось два направления:

- нанесение упреждающего ядерного удара по стартам МБР СССР;
- создание системы ПРО, способной перехватить значительное количество боеголовок МБР СССР.

Первое направление предполагало возможность крупномасштабной ядерной войны, так как было связано с массовой ядерной атакой на старты МБР СССР, многие из которых располагались достаточно близко от основных районов жизнедеятельности СССР. Для практической реализации этого направления требовалось иметь значительный разрыв в количестве стратегических ядерных сил по сравнению с СССР. В рамках простейшей модели при этом необходимо удовлетворить условию:

$$\gamma_1 N_1 \geq n_0^1 + \frac{1}{p_0^1} \left(N_2 - \frac{n_0^2}{\gamma_2} \right),$$

где N_1 – количество единиц стратегических ядерных сил (СЯС) первой стороны, наносящей упреждающий ядерный удар по МБР второй стороны;

N_2 – количество МБР второй стороны;

γ_1, γ_2 – надежность пусков СЯС двух сторон;

p_0^1 – средняя вероятность поражения старта МБР одной единицей СЯС первой стороны;

n_0^1, n_0^2 – минимальное количество единиц СЯС (МБР) первой и второй сторон, необходимое для поражения ВЭП.

Вероятность поражения p_0^1 является сложной функцией, зависящей от степени укреплённости стартов МБР, точности боеголовок СЯС, энерговыделения и вида подрыва.

В таблице 4.54 приведены значения минимального необходимого количества СЯС N_1 в зависимости от числа МБР N_2 и эффективности p_0^1 .

Для простоты мы примем $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,8$; $n_0^1 = n_0^2 = 300$.

Таблица 4.54. Минимально необходимое количество СЯС в зависимости от числа МБР и эффективности поражения

N_2	500			1000			2000		
p_0^1	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8
N_1	1156	688	570	4281	1937	1351	10531	4437	2914

Из данных таблицы 4.54 видно, что необходимый уровень величины N_1 может быть практически достигнут только при больших значениях вероятности p_0^1 . При значениях $p_0^1 \leq 0,5$ требуется значительный разрыв в числе N_1 по сравнению с N_2 , а к концу 60-х годов это различие начало быстро сокращаться в результате развития ракетно-ядерной программы СССР.

Более того, при большом количестве стартов N_2 , даже при высоких уровнях эффективности p_0 требуется применение большого количества ядерных боеголовок, что при необходимых в 60–70-е годы уровнях энерговыделения порождало проблему глобального радиоактивного поражения в ходе подобного конфликта. Поэтому рост стратегических ядерных арсеналов приводил к уменьшению возможностей для нанесения упреждающего удара по стартам и к стабилизации военно-стратегической обстановки.

Второе направление предполагало создание масштабной оборонной системы, в состав которой входили средства предупреждения о ракетном нападении, ряд эшелонов противоракетной обороны, оснащенных ядерными и неядерными средствами перехвата. При этом обсуждались три задачи, которые должна была выполнить подобная система:

- сохранение необходимого ответного потенциала в случае превентивного удара противника по стартам СЯС;
- минимизация ущерба в случае массированного удара противника по ВЭП;
- поддержка потенциала собственного превентивного удара за счет возможности перехвата системой ПРО основной части боеголовок уцелевших СЯС противника, что делало бы его ответный удар неэффективным и, следовательно, невозможным.

Рассматривалась также и более ограниченная задача: надежный перехват ограниченного числа боеголовок в случае их несанкционированного пуска (авария, терроризм и т.д.).

Применительно к первой задаче в рамках простейшей модели стратегических ядерных арсеналов приведенное выше соотношение трансформируется в следующую зависимость, определяющую необходимый уровень эффективности системы ПРО:

$$\gamma_2 N_2 \geq n_0^2 + \frac{1}{p_0^2(1-p_n^1)} \left(N_1 - \frac{n_0^1}{\gamma_1} \right),$$

где p_n^1 – средняя вероятность перехвата боеголовок МБР системой ПРО первой стороны.

Для численных иллюстраций мы будем использовать то же значение γ и n_0 , как и выше. В таблице 4.55 приведены значения минимального необходимого количества СЯС N_2 в зависимости от эффективности поражения стартов p_0^2 и эффективности систем ПРО p_n^1 для трех значений численности стартов N_1 .

Из данных таблицы 4.55 видно, что даже при достаточно высоких значениях эффективности поражения стартов $p_0^2 \approx 0,8$, введение в действие системы ПРО требует существенного разрыва в количестве СЯС N_2 и N_1 , чтобы первый удар оказался бы эффективным.

Примерно такая аргументация и служила основой для разворачивания работ по ПРО в конце 60-х годов.

Таблица 4.55. Минимально необходимое количество СЯС в зависимости от эффективности поражения и эффективности систем ПРО

N_1	500					
p_0^2	0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_2	688	1000	1937	570	765	1351
N_1	1000					
p_0^2	0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_2	1937	3500	8187	1351	2328	5258
N_1	2000					
p_0^2	0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_2	4437	8500	20688	2914	5453	13070

Решение второй задачи требовало, чтобы количество боеголовок, прошедших систему ПРО, не превышало уровень, достаточный для нанесения неприемлемого ущерба. В этом случае:

$$(1 - p_n^1) \gamma_2 N_2 \leq n_0^2.$$

В таблице 4.56 для иллюстрации приведены минимальные необходимые уровни общей эффективности системы ПРО p_n^1 для выполнения этого условия в зависимости от числа МБР N_2 (для используемых значений γ и n_0).

Таблица 4.56. минимальные необходимые уровни общей эффективности системы ПРО

N_2	500	1000	1500	2000	3000	5000
p_n^1	0,25	0,625	0,75	0,81	0,875	0,925

Из приведенных данных видно, что вплоть до количества МБР $N_2 \approx 1500$ –2000 к эффективности системы ПРО должны были предъявляться хотя и высокие, но в целом находящиеся на разумном уровне требования. В рамках решения данной задачи создание системы ПРО должно было увязываться с ограничением возможного числа боеголовок противника (например, на основе соответствующего двустороннего Договора).

Решение третьей задачи уменьшает разрыв между величинами N_1 и N_2 , необходимыми для возможности нанесения превентивного удара первой стороной. В этом случае:

$$\gamma_1 N_1 \geq n_0^1 + \frac{1}{p_0^1} \left(N_2 - \frac{n_0^2}{\gamma_2 (1 - p_n^1)} \right).$$

В таблице 4.57 для иллюстрации приведены оценки необходимого минимального количества СЯС N_1 в зависимости от числа МБР N_2 , эффективности поражения стартов p_0^1 и эффективности ПРО p_n^1 .

Таблица 4.57. Минимально необходимое количество СЯС в зависимости от числа МБР, эффективности поражения и эффективности систем ПРО

N_2	500								
p_0^1	0,2			0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_1	1156	375 *	375 *	688	375 *	375 *	570	375 *	375 *
N_2	1000								
p_0^1	0,2			0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_1	4281	1937	375 *	1937	1000	375 *	1351	765	375 *
N_2	2000								
p_0^1	0,2			0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_1	10531	8187	1156	4437	3500	687	2914	2328	570

Примечание. * не требуется упреждающего удара, так как система ПРО перехватывает боеголовки противника до уровня $< n_0^2$; значение N_1 соответствует минимально необходимому уровню для сдерживания, равному n_0^1 / γ_1 .

Из таблицы 4.57 видно, что уровень эффективности системы ПРО $p_n^1 \approx 0,5$ достаточен для радикального сокращения числа боеголовок СЯС N_1 , необходимых для решения задачи при $N_2 = 500$ и 1000 ; при $N_2 = 2000$ радикальное уменьшение необходимого потенциала N_1 достигается при $p_n^1 = 0,8$.

Таким образом, в рамках ситуации конца 60-х годов создание масштабной системы ПРО выглядело достаточно перспективным с точки зрения возможности решения всех трех рассматриваемых задач.

Следует отметить при этом существовавшую сложную проблему с материально-техническими и финансовыми ресурсами, необходимыми для создания широкомасштабной и достаточно эффективной ПРО. Эта проблема была, в частности, связана с необходимостью размещения комплексов противоракет в различных регионах для перехвата боеголовок, движущихся по различным направлениям к различным объектам. В связи с этим на каждую новую развернутую МБР необходимо было разворачивать несколько новых противоракет с соответствующей инфраструктурой. Возникал вопрос о соревновании между наращиванием системы МБР противника и развитием системы ПРО.

5.4. Появление РГЧ и их влияние на ПРО

В 1970 году на вооружении МБР США появились первые РГЧ индивидуального наведения на цель, а в 1975 году этот же шаг был сделан СССР. К 1990 году основная часть боевого оснащения МБР и БРПЛ как СССР, так и США состояла из РГЧ. В таблице 4.58 приведены количественные характеристики этого оснащения по материалам Договора СНВ-1.

Таблица 4.58. Оснащение РГЧ СЯС США и СССР

	СССР		США	
МБР				
Число МБР и их боеголовок	1398	6612	1000	2450
Число МБР с РГЧ и их боеголовок	744	5958	550	2000
Среднее число боеголовок на МБР	4,73		2,45	
Среднее число боеголовок на МБР с РГЧ	8		3,64	
БРПЛ				
Число БРПЛ и их боеголовок	940	2804	672	5760
Число БРПЛ с РГЧ и их боеголовок	456	2320	672	5760
Среднее число боеголовок на БРПЛ	2,98		8,57	
Среднее число боеголовок на БРПЛ с РГЧ	5,09		8,57	
Всего				
Число МБР и БРПЛ и их боеголовок	2338	9416	1672	8210
Число МБР и БРПЛ с РГЧ и их боеголовок	1200	8278	1222	7760
Среднее число боеголовок на МБР и БРПЛ	4,03		4,91	
Среднее число боеголовок на МБР и БРПЛ с РГЧ	6,9		6,35	

Из данных таблицы 4.58 видно, что к 1990 году около 88% общего числа боеголовок МБР и БРПЛ СССР приходилось на РГЧ; для США этот показатель составлял 94,5%. Общие количества РГЧ у обеих стран были близки (приблизительно по 8000 единиц) при близком среднем количестве 6,5 РГЧ на одну БР. При этом существовала значительная асимметрия в распределении РГЧ между наземными и морскими комплексами СЯС.

Переход на РГЧ обострил проблему возможности нанесения упреждающего удара по стартам противника. В простейшей модели противостояния двух систем МБР, оснащенных РГЧ, условие возможности нанесения эффективного удара по стартам МБР противника имеет вид:

$$\gamma_1 N_1 K_1 \geq n_0^1 + \frac{1}{p_0} (N_2 - n_0^2 / \gamma_2 K_2),$$

где обозначения такие же, как и в предыдущем разделе, а K_1 и K_2 представляют собой средние числа РГЧ на одной МБР для первой и второй сторон.

В таблице 4.59 приведены значения минимального необходимого числа СЯС N_1 в зависимости от числа МБР N_2 и эффективности p_0^1 для тех же значений параметров, как при оценках в таблице 4.54, в предположении $K_1 = K_2 = 6,5$.

Таблица 4.59. Минимально необходимое количество СЯС в зависимости от числа МБР и эффективности поражения

N_2	500			1000			2000		
p_0^1	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8
N_1	483	228	164	964	420	284	1925	805	525

Если при противостоянии систем МБР, оснащенных моноблочными боеголовками, рост численности МБР приводил к возможности блокировки условий для нанесения превентивного удара, то при переходе к оснащению РГЧ такая возможность исчезла.

По данным таблицы 4.54, для нанесения первого удара при оснащении МГЧ при уровне общего числа МБР противника в 1000 единиц, нападающая сторона должна была иметь приблизи-

тельно в два раза большее число МБР (при уровнях эффективности $p_0^1 \approx 0,5$). При переходе на РГЧ ($K \sim 6,5$) для нападающей стороны достаточно иметь в 2,4 раза меньшее число МБР для нанесения эффективного удара при той же эффективности p_0^1 . Численность МБР, необходимая для первого удара, уменьшилась приблизительно в пять раз.

Эти данные иллюстрируют стратегическую неустойчивость, которую породил переход на оснащение РГЧ.

Рассмотрим теперь в условиях оснащения МБР РГЧ вопрос о возможном влиянии развернутой системы ПРО на сохранение необходимого ответного потенциала в случае превентивного удара противника по стартам МБР. Приведенное выше соотношение, справедливое для моноблочного оснащения, трансформируется в зависимость:

$$\gamma_2 K_2 N_2 \geq n_0^2 + \frac{1}{p_0(1-p_n^1)} \left(N_1 - \frac{n_0^1}{\gamma_1 K_1} \right).$$

В таблице 4.60 приведены значения минимального количества СЯС N_2 в зависимости от эффективности поражения стартов p_0^2 и эффективности системы ПРО p_n^1 для различных значений численности стартов N_1 (численные значения параметров взяты такими же, как и выше).

По сравнению с данными таблицы 4.55, положение кардинально изменилось. Если при моноблочном оснащении и количестве целей $N_1 = 1000-2000$ и эффективности поражения стартов $p_0^2 = 0,5$ при эффективности ПРО $p_n^1 = 0,8$ для превентивного удара требовалось превосходство в числе МБР в 8,2–10,3 раз, то после перехода на РГЧ в этих же условиях требовалось превосходство в количестве МБР в 1,9 раза. В случае эффективности поражения стартов $p_0^2 = 0,8$, в случае моноблочного оснащения требовалось превосходство в числе МБР в 5,2–6,5 раз, а после перехода на РГЧ всего в 1,2 раза.

Таблица 4.60. Минимально необходимое количество СЯС в зависимости от эффективности поражения и эффективности системы ПРО

N_1	500					
p_0^1	0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_2	228	398	968	164	270	589
N_1	1000					
p_0^1	0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_2	420	626	1869	284	510	1190
N_1	2000					
p_0^1	0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_2	805	1551	3792	525	991	2392

Таким образом, если при моноблочном оснащении система ПРО могла стабилизировать положение, требуя огромного избытка в числе МБР, необходимом для нанесения первого удара, то

после перехода на РГЧ эти стабилизационные возможности практически исчезли. Дополнительным фактором, связанным с техническими возможностями перехвата боеголовок, явилось и уменьшение эффективности перехвата p_n (при прочих равных условиях) при переходе на оснащение РГЧ.

Не в пользу создания системы ПРО работал и экономический фактор. Если в условиях моноблочного оснащения для поддержания необходимой эффективности на каждую новую МБР противника необходимо было разворачивать несколько новых противоракет, но после перехода на РГЧ в ответ на каждую новую МБР требовалось уже несколько десятков противоракет.

По совокупности подобных аргументов было признано, что при наличии РГЧ развернутая ПРО не в состоянии стабилизировать положение, предоставив гарантии от превентивного удара по стартам.

Решение задачи предотвращения с помощью ПРО возможности эффективного первого удара по ВЭП предполагает выполнение условия:

$$(1 - p_n^1) \gamma_2 N_2 K_2 \leq n_0^2.$$

В таблице 4.61 для иллюстрации приведены минимальные необходимые уровни общей эффективности системы ПРО p_n^1 для выполнения этого условия в зависимости от числа МБР противника ($K = 6,5$).

Уровень эффективности системы ПРО $p_n^1 \leq 0,8$ выполняется в рассматриваемых предположениях для относительно небольшого количества МБР противника $N_2 \leq 300$ единиц.

Таблица 4.61. Минимальные необходимые уровни общей эффективности системы

N_2	100	200	300	500	1000
$p_n^1, \%$	42,3	71,1	80,8	88,5	94,2

К началу 70-х годов этот уровень общего числа МБР был существенно (в пять раз) превзойден, и при их оснащении РГЧ создание системы ПРО, которая могла бы решать рассматриваемую задачу, представлялось нереальным.

Для решения третьей задачи (эффективный превентивный удар первой стороной при наличии у нее системы ПРО) при оснащении МБР РГЧ необходимо выполнение условия:

$$\gamma_1 K_1 N_1 \geq n_0^1 + \frac{1}{p_0^1} \left(N_2 - \frac{n_0^2}{\gamma_2 K_2 (1 - p_n^1)} \right).$$

В таблице 4.62 для иллюстрации приведены оценки необходимого минимального количества СЯС N_1 в зависимости от числа МБР N_2 , эффективности поражения стартов p_0^1 и эффективности ПРО p_n^1 . Из приведенных данных следует, что в используемых предположениях развертывание ПРО не дает значимого выигрыша в величине N_1 во всем рассматриваемом диапазоне изменения параметров N_2 , p_0^1 и p_n^1 .

Таблица 4.62. Минимально необходимое количество СЯС в зависимости от числа МБР, эффективности поражения и эффективности систем ПРО

N_2	500								
p_0^1	0,2			0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_1	483	427	261	228	206	139	164	150	90
N_2	1000								
p_0^1	0,2			0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_1	963	908	742	420	398	331	284	270	229
N_2	2000								
p_0^1	0,2			0,5			0,8		
p_n^1	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8	0	0,5	0,8
N_1	1925	1870	1703	805	782	716	525	511	469

Таким образом, переход к РГЧ сделал систему ПРО неэффективной и для решения третьей стратегической задачи.

Суммируем: при оснащении МБР РГЧ, при достаточно большом количестве МБР (более 500) в условиях примерного паритета и при характерном среднем числе 6,5 РГЧ на одной БР следует:

- развертывание ПРО не гарантирует от эффективного превентивного удара СЯС противника по стартам;
- развертывание ПРО не может защитить собственный ВЭП от ядерного удара противника;
- развертывание ПРО не позволяет нанести противнику эффективный превентивный удар.

Эти три «нет» решили судьбу ПРО. В условиях противостояния двух сверхдержав ограниченные возможности ПРО перестали интересовать и СССР, и США. Поэтому стороны согласились не соревноваться в этой малоперспективной для них в то время области, и в итоге в 1972 году был заключен Договор по ПРО.

В принципе этот Договор можно было и не заключать, так как развитие ПРО в соответствии с изложенным мало что могло внести в стратегический баланс сил. Поскольку США опасались дальнейшего форсирования программ создания новых МБР СССР, то они могли предполагать, что их усилия в области создания ПРО будут только содействовать развитию такой программы. Этот аргумент, наряду с вышеизложенными, по-видимому, и послужил причиной отказа США от создания ПРО. Для СССР создание ПРО требовало освоения новых технологий и существенных дополнительных расходов в неясных целях. Существовал более простой и эффективный путь достижения и сохранения паритета – наращивание системы МБР, – и этого также было достаточно для отказа СССР от создания ПРО.

5.5. Развитие в США программ противоспутникового оружия

Появление спутников, используемых в военных целях, привело к созданию нового класса оружия противодействия – противоспутникового оружия (в США – программы ASAT). Размещение орбитального ядерного оружия – первоначальной предполагаемой основы для использования в ASAT, не было реализовано, в том числе из-за того, что подобные ядерные средства ASAT должны были приводить к значительным военно-оперативным ограничениям. Одной из проблем было воз-

действие ядерных взрывов такого оружия на собственные спутники США. Ядерные взрывы в космосе порождали также мощные электромагнитные поля, которые могли воздействовать на чувствительные электронные компоненты и системы связи. Эти эффекты исследовались в ряде космических ядерных взрывов США, проведенных до заключения Договора 1963 года о запрещении ядерных испытаний в трех средах. В конце 50-х-начале 60-х годов в США испытывались некоторые типы систем ASAT, как часть работ по развитию стратегических баллистических ракет воздушного базирования. В 1967 году был заключен Договор о демилитаризации космического пространства и оперативные средства ASAT США были со временем демонтированы.

Программа Nike Zeus разрабатывалась первоначально как программа ПРО, однако в результате работ постепенно стало ясно, что в качестве системы ПРО эта программа не эффективна. В то же время было осознано, что эта разработка могла быть эффективной как средство ASAT, поскольку воздействия, создаваемые радиацией ядерного взрыва Nike Zeus были способны вывести спутник из строя или уничтожить его. Первое успешное испытание по этому проекту было проведено 24 мая 1963 года, и эти исследования продолжались до 1967 года, когда программа была прекращена.

ВВС США развернули и испытали несколько баллистических ракет средней дальности Thor (после их возвращения с позиций в Великобритании) в качестве противоспутникового оружия. Эта возможность была связана с серией высотных ядерных взрывов, проводившихся в США в 1962 году в ходе ракетных пусков в операции Dominic. При проведении трех таких взрывов использовалась ракета Thor, в том числе, в испытании 9 июля 1962 года, когда на высоте 400 км был взорван боеприпас W49 с энерговыделением в 1,45 Мт. Эти перехватчики начали развертываться на острове Джонстон в Тихом океане в 1964 году и могли поражать цели на существенно больших расстояниях, чем Nike Zeus. В рамках программы использования ракет Thor в период с 1964 по 1970 год неоднократно проводились испытания по отработке системы перехвата. Программа была прекращена в 1976 году.

В начале 80-х годов в США были начаты работы по программе противоспутникового оружия на основе миниатюрных ракет воздушного базирования (ALMV). Эти двухступенчатые баллистические ракеты размещались на истребителях F-15 и имели боеголовку, которая поражала цель прямым попаданием с большой скоростью. Мобильность этой системы, определяемая возможностями носителя F-15, была ее существенным достоинством. Программа предусматривала возможность оперативного использования более, чем 100 перехватчиков, однако она была прекращена в 1988 году из-за технических трудностей, проблем с испытаниями и роста стоимости программы.

После прекращения программы ALMV основной программой перехвата спутников стала программа KE ASAT с оружием кинетической энергии. Также как и ALMV этот проект предусматривал поражение спутников прямым ударом миниатюрной боеголовки, запускаемой трехступенчатой ракетой наземного базирования. Первоначально в рамках этой программы должно было обеспечиваться поражение целей, находящихся на орбитах высотой до нескольких тысяч километров.

Вместе с этой программой в США проводятся работы по созданию противоспутникового оружия, использующего средства направленной энергии, в частности, химические лазеры.

5.6. Стратегическая оборонная инициатива США

23 марта 1983 года президент Рональд Рейган объявил о программе «Стратегическая оборонная инициатива» (СОИ).

В военно-политическом плане программа СОИ должна была продемонстрировать наличие у США эффективного ответа на интенсивное развитие в СССР программ создания новых МБР и БРПЛ, причем ответа оборонительного типа, который предусматривал не новый этап в наращивании СНВ, а создание системы перехвата нового типа. В военно-техническом плане эта программа подчеркивала научно-техническое лидерство США и веру в то, что новые научно-технические достижения способны разрешить «патовый баланс», определявшийся возможностью гарантированного взаимного уничтожения двух сверхдержав в случае широкомасштабного конфликта между ними.

Концепция СОИ отличалась от первого периода разработки систем ПРО следующим. Первые разработки ПРО были направлены в основном на перехват боеголовок на конечном участке их траектории (последняя часть заатмосферного участка и атмосферный участок на пути к цели). СОИ

предусматривала необходимость создания системы перехвата на всех участках траектории БР, причем особое внимание уделялось первому – активному участку полета БР до разделения боеголовок. Такой подход позволял расширить временные рамки перехвата; включить в число целей сами БР – существенно более уязвимые объекты по сравнению с боеголовками; минимизировать число перехватываемых целей. Вместе с тем программа СОИ для этого требовала создания новых средств перехвата, включая развитую информационную систему космического базирования и боевые станции космического базирования.

В полномасштабном объеме это была в высшей степени дорогостоящая и амбициозная программа. Следует отметить, что она вызвала значительную озабоченность в военно-политических и военно-технических кругах СССР. С самого начала было осознано, что в условиях неограниченного противостояния (допускающего возможность любого дополнительного необходимого наращивания числа БР, расширение видов их базирования и т.д.) программа СОИ не имеет никаких шансов на успех. Беспокойство же вызывала возможность ситуации, когда в условиях договорных ограничений на количество и состав СНВ, в случае превентивного удара США по СЯС СССР, новая система ПРО сможет существенно уменьшить возможность доставки сохранившегося ответного потенциала СССР. Проблема осложнялась тем, что реальная эффективность программы СОИ была не ясна.

Руководители США также хорошо понимали бесперспективность программы СОИ в условиях возможного наращивания СНВ противника, и развитие СОИ предусматривало достижение договоренностей с СССР о существенных сокращениях СНВ на основе переговоров. Предполагалось, что для компенсации возникающей стратегической нестабильности СССР будет развивать свою программу создания широкомасштабной ПРО.

Как обычно, при обосновании программы СОИ в США широко использовалась аргументация о масштабных работах СССР в области ПРО, в результате чего якобы создавалась угроза национальной безопасности США.

Хотя в СССР и был проявлен практический интерес к научно-техническим аспектам программы СОИ и проводился целый ряд соответствующих исследовательских разработок, речь о реальном создании подобной системы по существу никогда не шла. Это был не выгодный с военной, экономической и научно-технической точек зрения вариант развития событий с совершенно неопределенным военно-техническим результатом.

Таким образом, в СССР программа СОИ была воспринята прежде всего как рост угрозы возможности превентивного удара США по стартам СЯС СССР и попытка США, нарушив международное соглашение, ликвидировать стратегический паритет.

Представляет интерес подробнее остановиться на некоторых особенностях программы СОИ. Этот интерес связан с тем, что ряд элементов этой программы может быть использован при создании обсуждаемой новой системы ПРО США.

Программа СОИ была разделена на пять направлений:

- наблюдение, обнаружение и сопровождение;
- оружие направленной энергии;
- оружие кинетической энергии;
- системный анализ и управление боевыми действиями;
- программы обеспечения.

Наблюдение, обнаружение, сопровождение и идентификация поражения предполагали получение и анализ информации, необходимой для перехвата целей, управления боевыми действиями и оценки эффективности обороны. Программа предполагала необходимость решения задачи распознавания боеголовок на фоне других объектов. Существенно новым было то, что средства наблюдения и обнаружения должны были быть автономными на каждом этапе перехвата (активный участок полета БР, участок разведения боеголовок и средств их сопровождения, участок баллистического полета, конечный атмосферный участок приближения к объекту поражения). При этом данные по сопровождению целей и идентификации поражения через средства управления боевыми действиями должны были передаваться на последующие этапы. Такой подход позволял минимизировать влияние ошибок, связанных с обнаружением, и повышал качество процессов сопровождения и идентификации поражения. Предполагалось, что особенности технологий позволят работать сис-

теме в условиях помех, вызываемых поражающими факторами ядерного взрыва, а также в условиях прямой атаки противника на систему.

Предусматривалось проведение целого ряда демонстрационных экспериментов, включая:

- испытание перспективной системы обнаружения и сопровождения на активном участке полета БР;
- испытание системы сопровождения и распознавания летящих объектов на среднем участке траектории с использованием длинноволновых инфракрасных датчиков;
- испытание системы обнаружения и сопровождения на входе целей в атмосферу с использованием средств авиационного базирования;
- испытание возможностей наземных РЛС по обнаружению и сопровождению целей на среднем и конечном участках траектории.

Программа создания оружия направленной энергии включала в себя целый ряд подпрограмм:

- разработку лазеров космического базирования;
- разработку лазеров наземного базирования;
- разработку пучкового оружия космического базирования;
- разработку оружия направленной энергии с ядерной накачкой;
- создание национального лазерного полигона.

Программа создания оружия кинетической энергии включила разработку средств перехвата на основе противоракет и гиперскоростной «артиллерии». Основные задачи этих видов оружия состояли:

- в перехвате боевых блоков на среднем участке траектории, которые не были поражены на активном участке БР и на участке разведения боеголовок;
- в перехвате непораженных боеголовок на конечном участке траектории;
- в обороне информационных и боевых космических станций от средств нападения противника, неуязвимых к оружию направленной энергии;
- в перехвате БРПЛ с малым полетным временем и малой дальностью действия.

Предполагалось, что ряд видов оружия кинетической энергии будет иметь космическое базирование. Основным поражающим средством этого оружия предполагались неядерные боевые части различных видов.

Программа анализа систем и управления боевыми действиями была разделена на два технологических проекта.

Проект «анализ систем» предполагал проведение для всех уровней системы ПРО анализа угроз, задач, формулировку концепций, определение общего облика проектирования систем, формулировку требований, оценку технологий и оценку систем и их элементов.

В одну из первых задач «анализа систем» входила, например, оценка относительной надежности различных участков многослойной системы ПРО. Примером другой задачи являлось обеспечение безусловного контроля за операциями системы ПРО.

Проект «управление боевыми действиями» предполагал создание новых технологий для обеспечения функций управления, контроля и связи в рамках единой высокочувствительной, надежной, выживаемой и долговечной системы. Особое внимание должно было уделяться устойчивости управления в условиях противодействия противника.

Вспомогательные программы.

Различные вспомогательные программы были направлены на решение отдельных проблем, существенных для создания системы стратегической обороны.

Одна из вспомогательных программ предусматривала проведение классификации целей для программ СОИ и определение критериев их поражения различными элементами системы ПРО.

Другая из вспомогательных программ была направлена на исследование возможных уровней воздействия возможных средств атаки противника на различные элементы системы ПРО и оценки степени живучести этих элементов.

Примерами вспомогательных программ являются также программы создания орбитального грузового космического корабля, необходимого для доставки, размещения и монтажа элементов системы ПРО; использования редких материалов; энергообеспечения жизнедеятельности системы ПРО.

Цели создания системы ПРО в рамках программы СОИ не отличались четкостью и трансформировались с течением времени. Президент Рональд Рейган говорил, по существу, о создании абсолютной системы ПРО, способной предотвратить прямой удар СССР по ВЭП США. Практическая возможность создания подобной системы оценивалась весьма скептически.

Отмечалось, что оптимизм политиков был связан с целым рядом заблуждений:

- отождествлением успешного развития технологий отдельных элементов системы (например, лазеров различных типов, двигателей, устройств прицеливания и наведения) с достижениями в создании эффективной и прочной системы обороны;
- отождествлением задачи создания ПРО с предыдущими масштабными технологическими проектами (Манхеттенский проект, проект «Аполлон»), в то время как создание ПРО предполагает решение задачи иного плана – соревнование с целенаправленными враждебными действиями;
- надеждами на чудо «технологического прорыва»;
- уверенностью в предсказании надежности работы одноразовой сложной системы, какой является масштабная система ПРО, при отсутствии возможности ее обучения и адаптации в реальных условиях.

Среди принципиальных трудностей, связанных с созданием абсолютной системы ПРО, отмечались:

- огромные (и трудноопределимые) расходы, необходимые для создания подобной системы. Эта трудность определялась тем, что была необходима оборона практически всей территории страны, а не системы ключевых объектов. Дополнительным обстоятельством являлось то, что для компенсации расходов наступающей стороны на усиление средств прорыва обороны требовались существенно более высокие расходы по укреплению системы ПРО;
- возможность усиления средств прорыва системы ПРО на уже достигнутом технологическом уровне, в то время как компенсационные усилия по укреплению ПРО требовали развития новых технологий;
- возможность использования новых технологий, необходимых для создания системы ПРО, в целях создания средств ее прорыва;
- возможность оценки затрат на создание средств прорыва системы ПРО и ограниченный объем этих затрат, в то время как затраты на усиление ПРО были трудноопределимы;
- возможность специальной реконструкции СНВ СССР для максимально эффективного уничтожения ВЭП США;
- невозможность использования системы ПРО в рамках СОИ для защиты от других видов ядерного нападения.

В связи с изложенными обстоятельствами концепция создания абсолютной обороны в рамках программы СОИ постепенно эволюционировала в сторону создания ограниченной обороны. Хотя создание ограниченной системы ПРО является вполне реальной задачей, здесь возникают свои специфические проблемы. Основная из них связана с тем, что ограниченная система ПРО не является концептуально однозначно определенным понятием. Ограниченных систем ПРО может быть много, в зависимости от конкретных целей, которые реализуют подобные системы. От этого непосредственно зависит облик ограниченной системы ПРО. Существенно, что на стадии формирования программы СОИ не было ясности в вопросе о том, какие задачи должна выполнять прежде всего ограниченная система ПРО. Обсуждался целый спектр возможных целей.

Одной из таких целей мог быть перехват части боеголовок БР СССР, направленных на уничтожение МБР США. Здесь возникали различные проблемы. Прежде всего, было неясно, какое число боеголовок, направленных на уничтожение одной шахты, должна была перехватывать такая система. От ответа на этот вопрос существенно зависели и экономические затраты, и реальность проекта в целом. Другие опасения были связаны с тем, что развертывание подобной системы может привести к симметричному ответу СССР и в целом снизит эффективность возможностей стратегического оружия США.

В качестве другой задачи рассматривалось предотвращение возможности ограниченного ядерного удара противника на стадии неядерных военных действий по отдельным ключевым не-

ядерным объектам вооруженных сил. Специалисты США считали, что подобная проблема вполне могла возникнуть в случае успешного развития военных действий для одной из сторон в масштабной неядерной войне. В то же время эффективность подобной ограниченной ПРО вызывала глубокие сомнения, прежде всего, в силу неопределенности возможных действий противника в подобной ситуации, так как он имел весьма широкий выбор для нанесения ограниченных ядерных ударов.

Третьей возможной задачей рассматривалась ограниченная оборона населения и уменьшение его потерь при масштабном военном конфликте. Здесь возникала проблема, связанная с тем, какую часть населения следовало защищать подобной системой, а также экономические вопросы о целесообразности этого пути, так как аналогичные дополнительные расходы в гражданской обороне могли быть более эффективны.

Четвертой возможной задачей рассматривалась демонстрация новых технологических достижений США, что усилило бы позиции США на переговорах о сокращении СНВ. Достижение необходимого результата на этом пути представлялось неочевидным.

Пятой задачей рассматривался ответ на возможные усилия СССР в области развития ПРО. Хотя эта аргументация достаточно широко использовалась, она вряд ли была удовлетворительной по своей сути.

Шестой задачей рассматривалось обеспечение защиты от случайных запусков БР и ограниченных атак других ядерных государств. Хотя этой задаче сейчас официально придается особое значение, в середине 80-х годов она не рассматривалась в качестве приоритетной. Считалось, что в случае появления новых ядерных государств они вряд ли бы стали применять МБР с тем, чтобы атаковать США своим небольшим ядерным арсеналом.

По совокупности различных, в том числе изложенных, обстоятельств США в середине 80-х годов не отказались от Договора 1972 года по ПРО и не стали разворачивать систему ПРО. При этом происходило интенсивное развитие различных технологий, которые могли бы использоваться при создании систем ПРО различных типов.

5.7. Обсуждение возможностей создания совместной системы ПРО

Еще одна попытка пересмотреть Договор 1972 года по ПРО была предпринята летом 1992 года. Среди различных тем переговоров между Президентом США Джорджем Бушем и Президентом РФ Борисом Ельциным обсуждался вопрос о возможности создания совместной системы защиты от баллистических ракет. В совместном Заявлении от 17 июня 1992 года речь шла о необходимости исследований роли обороны при защите от ограниченных ударов БР.

Предполагалось, что США и Россия должны работать совместно со своими союзниками и другими заинтересованными государствами над концепцией глобальной системы защиты в контексте общей стратегии, определяемой угрозой распространения ОМП и ракетных технологий. Такая совместная работа США и РФ должна была стать выражением их новых отношений и отражать их обязательства перед другими странами мирового сообщества. Для безотлагательной разработки концепции глобальной системы защиты оба Президента договорились об учреждении на высшем уровне специальной группы, которая должна была обеспечить ряд практических действий:

- в области получения необходимой информации раннего обнаружения возможной атаки (создание центра раннего обнаружения);
- в области сотрудничества с государствами-участниками разработки технологий, необходимых для создания ПРО;
- в области выработки правовой основы для сотрудничества, включая новые договоры и соглашения и ревизию существующих договоров и соглашений, необходимую для реализации глобальной системы защиты.

Следует отметить, что эта инициатива Президентов США и России не имела значимых практических последствий: работы по созданию совместной системы обороны начаты не были, и Договор 1972 года по ПРО не был пересмотрен. Возможно, что причины этого были связаны как со сменой администрации США в 1993 году, так и с неотложным развитием проектов сотрудничества, которые имели существенно больший приоритет: сначала – это Договор СНВ-2, а затем – подготовка Договора

о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. Тем не менее, стороны продемонстрировали, что в условиях интенсивного развития сотрудничества («медовый месяц» российско-американских отношений) они были готовы обсуждать вопросы ревизии Договора 1972 года по ПРО и не рассматривали его, как «священную корову». Однако этот шанс был упущен, а поскольку основной интерес к развитию положения в области ПРО был у США, то можно сказать, что в 1992–1993 годах именно США упустили возможность решить эту проблему на двусторонней легальной основе.

5.8. Программа создания ограниченной национальной системы ПРО США

В июле 1999 года Президент США Билл Клинтон заявил, что задачей США является развернуть национальную систему ПРО так быстро, как это будет технологически возможно. Целью создания такой системы является защита территории США от атаки БР государств, управляемых непредсказуемыми и агрессивными режимами, а также защита от случайных и несанкционированных пусков БР других государств.

Летом 2000 года США предполагали решить вопрос о целесообразности начала развертывания ограниченной национальной системы ПРО (ОНС ПРО), необходимой для защиты США от атаки небольшого количества МБР. Развертывание такой системы приводило к нарушению Договора 1972 года по ПРО, и для легализации такой деятельности США и Россия в августе 1999 года начали переговоры о возможном изменении этого Договора. Предполагалось, что если Россия не согласится на ревизию Договора 1972 года по ПРО, то США используют свое право выхода из него. Одним из контрольных сроков является намерение США развернуть в 2005 году первый вариант ОНС ПРО с базированием противоракет и созданием нового радар на Аляске.

Предполагалось, что создание ОНС ПРО будет включать три фазы. Первая фаза будет направлена на создание системы перехвата нескольких «простых» боеголовок. В этих целях на Аляске будет развернуто от 20 до 100 противоракет. Вторая фаза будет направлена на расширение системы с целью перехвата нескольких «сложных» боеголовок. При этом на Аляске будет дополнительно развернуто до 100 противоракет. Третья фаза будет направлена на создание системы перехвата многих «сложных» боеголовок и предусматривает развертывание до 250 новых противоракет, из которых половина будет базироваться на Аляске, а половина – в Северной Дакоте. Используемая терминология не является строго определенной в открытых источниках. Термин «несколько боеголовок» означает, по-видимому, пять или менее боеголовок. Термин «много боеголовок» означает их большее количество. Различие между «простыми» и «сложными» боеголовками предполагает, что в последнем случае нападающая сторона будет использовать средства преодоления ПРО.

Предполагалось, что запланированная ОНС ПРО будет способна к дальнейшему расширению как за счет увеличения численности развернутых противоракет, в том числе в других регионах, так и за счет разворачивания оружия космического базирования.

Перехватчик будет представлять собой трехступенчатую БР с боеголовкой, поражающей цель прямым попаданием. Первая фаза развертывания должна быть завершена к 2006 году, а вторая фаза – к 2010–2011 годам.

Все три фазы ОНС ПРО будут использовать пять существующих радаров США раннего предупреждения о ракетном нападении (они находятся в Калифорнии, Массачусетсе, Аляске, Гренландии и Великобритании). В данное время не предполагается, что эти радары будут использоваться для наведения противоракет, однако обсуждается такое развитие их возможностей на стадии завершения развертывания первой фазы системы ПРО. При развертывании третьей фазы предполагается создание шестого радара этого типа в Южной Корее.

Однако радары системы раннего предупреждения ограничены в своих возможностях выделять реальные боеголовки в составе общей цели из средств преодоления ПРО. Поэтому предполагается, что ОНС ПРО будет оснащена новыми «Х-радарами», специально предназначенными для этой системы. Эти радары способны более точно определять траектории целей и лучше приспособлены для селекции реальных боеголовок в составе цели. Количество «Х-радаров» будет возрастать по мере развития ОНС ПРО от первой к третьей фазе.

В первой фазе предполагается создание одного «Х-радар» на Алеутских островах (Аляска), который будет ориентирован на анализ ракетных пусков Северной Кореи. Во второй фазе будет

дополнительно развернуто три «Х-радар», территориально совмещенных с радаром системы раннего предупреждения на Аляске, в Гренландии и в Великобритании. На третьей фазе будет развернуто еще несколько «Х-радаров», в том числе в Калифорнии, Массачусетсе, Северной Дакоте, Южной Корее и на Гавайских островах.

Отметим, что в настоящее время в Северной Норвегии, в поселке Варде, развернут самый современный на сегодняшний день американский «Х-радар» Have Stare, который с 1995 года находился на базе ВВС США в Калифорнии, где, по сообщениям американских источников, использовался для поддержки американских оборонных программ, связанных с созданием национальной системы ПРО. По официальным заявлениям американской и норвежской сторон, основной задачей этого радар в Норвегии является обнаружение и систематизация «космического мусора». Однако по мнению независимых американских экспертов, этот радар, как и планируемый «Х-радар» на Алеутских островах, позволят США осуществлять наблюдение и сопровождение подавляющего большинства российских испытательных ракетных пусков из северо-западного региона России на всех их этапах. Потенциальное разрешение радар Have Stare составляет около 10–15 см, что позволит получать качественное изображение таких объектов как боеголовки и производить их надежную идентификацию.

США также планируют развернуть в рамках ОНС ПРО систему обнаружения ракетного нападения космического базирования. Эта система, которая первоначально называлась «Бриллиантовые глаза», будет оснащена датчиками инфракрасного излучения и будет расположена на низкоорбитальных космических аппаратах. В этой системе может действовать 24 спутника, каждый из которых будет оснащен несколькими типами датчиков, обнаруживающих БР на стадии их разгона, и определяющих траектории целей для их поражения перехватчиками. Эта система также будет выполнять функции по селекции реальных боеголовок из состава общих целей. Предполагается, что эта часть ОНС ПРО начнет разворачиваться на второй фазе (начиная с 2006 года) развития системы.

Таким образом, мы имеем дело с масштабной программой развития ПРО, которая хотя и прокламируется в ограниченном варианте, может постепенно надстраиваться, и ее истинные размеры и возможности представляются неопределенными. Хотя это менее амбициозная программа, чем программа СОИ 80-х годов, в ней присутствуют элементы как этой программы, так и более старых идей. Развитие отношений между Россией и США опять оказалось на пороге ревизии Договора 1972 года по ПРО.

Как известно, администрация президента Джорджа Буша приняла решение о выходе из договора 1972 года по ПРО и о развитии национальной системы ПРО США. Структура этой новой системы ПРО и ее возможности представляются достаточно неопределенными, однако это решение говорит об очередной попытке США создать противоракетный щит, используя новые технологические возможности.

6. О ПОЛНОМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Проблема полного запрещения ядерных испытаний

В сентябре 1996 года многими государствами был подписан (в том числе Россией и США) Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ). Подготовка этого Договора проходила в течение длительного времени и была форсирована в 1993 году. Здесь мы рассмотрим некоторые вопросы аргументации, связанные с этим Договором в отношении экологии и возможностей его контроля.

Основной экологический ущерб в ходе ядерных испытаний был нанесен при проведении первых ядерных взрывов – взрывов наземного типа, сопровождавшихся сильным выпадением радиоактивности. Опасность была быстро осознана, количество и энерговыделение таких взрывов резко ограничили.

Ядерные взрывы в атмосфере характеризуются ударно-волновым и световым воздействием непосредственно в районе взрыва (то есть в пределах ядерного полигона), радиоактивным воздей-

ствием на большие массы атмосферы (процесс метеорологического разбавления активности взрыва) и в ряде случаев относительно слабым выпадением активности на территории. Поскольку радиоактивное воздействие атмосферных взрывов имело место за пределами ядерных полигонов, то несомненно существовала общая гуманитарная проблема прекращения таких взрывов независимо от различных оценок эффектов их возможного воздействия. Договор 1963 года о запрещении ядерных испытаний в трех средах прекратил производство подобных взрывов.

Подземные ядерные взрывы характеризуются двумя видами воздействия на окружающую среду:

- краткосрочным воздействием во время проведения взрыва;
- долгосрочным воздействием.

К первому типу относится сейсмическое воздействие взрыва и выход некоторых видов продуктов взрыва (прежде всего благородных радиоактивных газов) непосредственно после испытания. Безопасность подземного ядерного испытания по отношению к этим факторам достигается соответствующим выбором условий испытания и способов защиты, таких, что за пределами ядерного полигона сейсмическое воздействие не воздействует на окружающую среду (может быть зарегистрировано только специальным оборудованием), а содержание радиоактивных веществ не превышает предельно допустимые концентрации в соответствии с санитарными нормами.

В СССР была создана соответствующая технология подземных ядерных испытаний, которая обеспечивала выполнение указанных условий. Ее отработка явилась результатом длительных работ и больших усилий и сопровождалась в некоторых случаях превышением уровней воздействия взрыва. Причина этого была в нарушении технологических требований или на ранней стадии – в несовершенстве технологии.

Ко второму типу воздействий относится создание подземных захоронений радиоактивности, создаваемой ядерным взрывом. Необходимо отметить, что ядерный взрыв предоставляет уникальные возможности с точки зрения безопасности захоронения радиоактивных материалов. Во-первых, в ходе ядерного взрыва радиоактивные элементы разбавляются при их перемешивании в больших массах горной породы (до уровня менее $5 \cdot 10^{-7}$ Ки/г через 10 лет после взрыва для продуктов деления ядер и до уровня приблизительно $2 \cdot 10^{-8}$ Ки/г для актиноидной активности, определяющей долговременную активность).

Во-вторых, ядерный взрыв расплавляет грунт, который при остывании переходит (для силикатных пород) в химически инертное стеклообразное состояние вместе с содержащейся в нем активностью. Этот способ подобен промышленной переработке радиоактивности для захоронения, при котором ее остекловывают в специальных печах. Колоссальное преимущество ядерного взрыва в том, что уровень концентрации остеклованной им активности в долгосрочном плане около 10^{-7} – 10^{-8} Ки/г, в то время как в промышленных технологиях – 1 Ки/г.

В-третьих, захоронение активности производится в ядерных взрывах на больших глубинах, на отторгнутой территории ядерных полигонов, в условиях относительно низких гидропотоков. По совокупности такое захоронение активности может быть для окружающей среды более безопасным, чем естественные месторождения урановых руд (при соблюдении необходимых технологических мер).

Озабоченность экологическими проблемами планеты, в том числе вопросами воздействия ядерных испытаний на среду обитания в конце XX века всем хорошо понятна. Эта проблема постоянно волновала специалистов в области ядерных испытаний, которые проделали огромную работу для минимизации эффектов воздействий взрывов и ее решения. Однако представляет интерес взглянуть на этот вопрос несколько с другой точки зрения. Он может быть поставлен так: какое место занимает проблема экологической безопасности ядерных испытаний в ряду других экологических проблем, и в какой степени продвинуто ее решение по сравнению с решениями этих других проблем.

Основной вид воздействия ядерных испытаний связан в той или иной степени с потенциальной опасностью радиационного поражения среды обитания. Как известно, другим источником наработки радионуклидов является мировая ядерная энергетика, с которой весьма просто провести сравнение.

Объем производства продуктов деления в подземных ядерных испытаниях СССР в последние годы определялся уровнем энерговыделения менее 2 Мт/год (соответствует 13 ядерным испытаниям мощностью до 150 кт каждое). Объем производства продуктов деления ядерным энергетическим реакторам с электрической мощностью в 1 ГВт составляет приблизительно 15 Мт/год. Это означает,

что один стандартный ядерный блок ежегодно нарабатывал радиоактивности продуктов деления в 7,5 раз больше, чем все ежегодные ядерные испытания СССР. Уровень мощности ядерной энергетики СССР составлял 36 ГВт, откуда следует, что производство активности продуктов деления в ядерных взрывах составляло 0,37% от ее наработки в ядерных реакторах (менее 2 Мт в год по сравнению с 540 Мт в год). В масштабе мировой ядерной энергетики доля этой наработки еще в 8,5 раз меньше и составляла 0,043% (менее 2 Мт в год по сравнению 4650 Мт в год при электрической мощности в 310 ГВт).

Для наработки актиноидной активности относительный вклад ядерных испытаний в сравнении с ядерной энергетикой еще существенно меньше.

Ядерные взрывы производились на отторгнутых территориях – ядерных полигонах, на большой глубине, вдали от густонаселенных районов. Нарбатываемая в них активность захоранивалась в низкоконцентрированном виде в химически инертном остеклованном состоянии.

Отработавшее ядерное топливо АЭС хранится в основном на территориях атомных станций в специальных хранилищах, расположенных на поверхности. Атомные станции расположены в районах активной жизнедеятельности и высокой плотности населения. Активность накапливается в течение десятилетий в колоссальных количествах и в концентрированном виде. Например, наработка относительно долгоживущих продуктов деления АЭС из трех блоков мощностью 1 ГВт каждый за 10 лет эквивалентна наработке активности в ядерных взрывах мощностью 450 Мт. В ряде государств налажена переработка высокоактивных отходов (ВАО) в остеклованное состояние, однако мощности этих производств составляют относительно малую долю в общем объеме ВАО, и сами эти производства представляют собой фактически крупные радиохимические комбинаты. Проблема создания долговременных экологически безопасных хранилищ переработанных ВАО вообще пока не решена.

Со всех точек зрения проблема наработки радиоактивности в ядерных испытаниях выглядит практически незаметной в масштабе аналогичной проблемы ядерной энергетики, и тем не менее после ее трансформации средствами пропаганды она преподносилась как фундаментальная экологическая проблема мирового масштаба.

Рассмотрим теперь вопрос о возможностях контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Во-первых, контролю не поддаются элементы технологии разработки ЯЗ без ядерного взрыва, и более того, эти виды работ вообще не являются ядерными испытаниями.

Во-вторых, контролю не поддаются технологии разработки радиологического оружия, в котором также отсутствует ядерный взрыв, и эти виды работ не являются ядерными испытаниями.

В-третьих, контролю не поддается производство взрывов ЯЗ мощностью до нескольких сотен килограмм (тонн) тротилового эквивалента, которые можно осуществить в специальных технологических камерах.

Наконец, возможно проведение подземных ядерных взрывов относительно малой мощности, которые практически невозможно зафиксировать национальными средствами. Даже в том случае, если у других сторон появятся сомнения в отношении подобной деятельности в каком-либо конкретном районе, могут быть предприняты специальные меры, которые с подавляющей вероятностью сделают инспекцию этого района безрезультатной.

По условиям возможности контроля Договор о полном запрещении ядерных испытаний мог быть только пороговым договором. При этом на первой стадии представлялось целесообразным использовать пороговое ограничение, которое надежно фиксировалось национальными сейсмическими службами, а по мере совершенствования средств контроля уровень пороговой мощности мог уменьшаться. По-видимому, была целесообразной организация проведения специальных калибровочных работ, когда каждая из сторон проводила бы серию подземных экспериментов, а потом стороны обменивались бы фактическими данными о количестве, сроках и мощности взрывов и результатах наблюдения за ними методами контроля. По результатам калибровочных работ значение пороговой величины могло быть соответствующим образом уточнено.

Целесообразно было предусмотреть в Договоре и возможность проведения мирных взрывов в национальных и международных интересах под международным контролем.

Договор по ВЗЯИ привел к существенному изменению технологии разработки ядерных зарядов, обеспечения их воспроизводства и жизнеобеспечения, необходимости адаптации специалистов к новым условиям, изменению некоторых требований и характеристик зарядов.

6.2. Содержание Договора о ВЗЯИ 1996 года

Договор состоит из преамбулы, 17 статей, двух Приложений и Протокола.

В соответствии со статьей I Договора:

«1. Каждое государство-участник обязуется не производить любой испытательный взрыв ядерного оружия и любой другой ядерный взрыв, а также запретить и предотвращать любой такой ядерный взрыв в любом месте, находящемся под его юрисдикцией или контролем.

2. Каждое государство-участник обязуется далее воздерживаться от побуждения, поощрения или какого-либо участия в проведении любого испытательного взрыва ядерного оружия и любого другого ядерного взрыва».

Статья II учреждает Организацию по Договору о ВЗЯИ для достижения целей Договора и осуществления его положений, включая положения по международному контролю за его соблюдением.

Статья III предписывает осуществление национальных мер для реализации положений Договора.

Статья IV определяет режим контроля Договора, включая международную систему мониторинга, консультации и разъяснения, инспекцию на месте, меры по укреплению доверия.

Статья VI определяет процедуру урегулирования споров.

Статья XIV определяет порядок вступления в силу Договора.

Протокол к Договору регламентирует средства контроля над выполнением условий Договора.

Таблица 4.63. Участие в Договоре ядерных государств

РФ	США	Великобритания	Франция	КНР	Индия	Пакистан	Израиль
24.09.96 30.06.00	24.09.96 —	24.09.96 06.04.98	24.09.96 06.04.98	24.09.96 —	—	—	24.09.96 —

Примечание. Первая дата относится к подписанию, а вторая дата – к ратификации Договора.

Договор о ВЗЯИ был открыт к подписанию 24 сентября 1996 года. К настоящему времени Договор подписан 155 государствами. 60 государств ратифицировали Договор, в том числе Российская Федерация. Договор определяет 44 ключевых государства, участие которых в Договоре необходимо для вступления его в силу. Из этих государств в настоящее время 41 государство подписало Договор, а 30 его ратифицировали. Депозитарием Договора является Генеральный секретарь ООН. Договор о ВЗЯИ является бессрочным.

6.3. Повышение эффективности контроля за соблюдением ДВЗЯИ на основе использования региональных малоапертурных микрогрупп, развернутых у границ контролируемого района

Основная трудность в разработке согласованной позиции в отношении Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний заключается в достижении согласия по вопросам эффективности мер контроля за выполнением его условий. Разработка предложений по созданию действенной системы контроля является в течение продолжительного времени основной задачей технических экспертов, изучающих физико-механические эффекты подземного ядерного взрыва. Глубокая проработка этого вопроса специалистами разных стран, проведение консультаций и научных конференций на международном уровне позволяют надеяться, что в ближайшее время проблема, связанная с организацией международной системы контроля за проведением ядерных взрывов, будет решена.

Вместе с тем возникает ряд вопросов, связанных с доминирующей общей концепцией международного контроля за проведением ядерных испытаний. Планируется, например, что система контроля

ядерных испытаний должна обеспечивать надежную регистрацию физических эффектов, сопровождающих ядерный взрыв, вне зависимости от места его проведения. Другими словами, мониторингу подлежит территория всей суши, а также огромные акватории. В связи с тем, что основным способом контроля подземных взрывов остается сейсмический мониторинг, понятны те сложности, которые встают на пути создания глобальной системы инструментальных наблюдений, нацеленных на выявление событий, идентифицируемых как ядерные испытания. Обсуждение этой проблемы показало, что для проведения действенного глобального контроля требуется хорошо оборудованная сеть, состоящая не менее чем из 30–50 специализированных сейсмических станций, равномерно развернутых по поверхности Земли. При этом необходимо, чтобы сейсмический мониторинг был подкреплён радиационным с помощью мобильных пунктов регистрации (предположительно самолетного типа), а также гидроакустическими наблюдениями в ряде прибрежных пунктов.

Но даже при такой широкой сети инструментальных наблюдений (отметим, что ее организация требует весьма значительных усилий и затрат) остаются проблемы, связанные, во-первых, с недостаточно низким порогом идентификации событий, которые можно трактовать как ядерное испытание (современное состояние науки позволяет отрабатывать ядерное оружие по результатам испытаний ядерных устройств мощностью менее 1 кт), а во-вторых, с наличием зон неуверенного контроля.

Известно, что надежно зарегистрировать и идентифицировать сейсмические эффекты подземного ядерного взрыва, в том числе малой мощности (около 1 кт) можно лишь на региональных расстояниях (примерно до 1000–2000 км). Обеспечить такую плотность сети глобального контроля международному сообществу не удастся. Возникает вопрос, а есть ли необходимость в проведении постоянного глобального контроля за ядерными испытаниями? Ведь контроль с помощью технических средств – всего лишь вспомогательный метод, позволяющий убедиться в самом факте создания ядерного оружия. Основным способом контроля за ядерной деятельностью стран-участников Договора является анализ технической политики в области ядерных технологий и технологий двойного применения. Не секрет, что даже хорошо скрываемые работы по созданию ядерного оружия становятся известными международной общественности задолго до проведения его испытаний, поэтому вполне реальной становится концепция контроля ядерных испытаний с помощью региональных сейсмических станций.

Итак, предположим, что в результате контроля международными организациями разрешенной ядерной деятельности, а также сбора, обмена и анализа информации в области приобретения, утилизации и посреднической деятельности, связанной с ядерными материалами и технологиями, удастся установить, что некая страна-участник Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний разрабатывает ядерное устройство. Естественно предположить, что за разработкой последует его испытание. Все это служит поводом для организации регионального мониторинга в доступном для специалистов районе, где обеспечивается надежный контроль за вероятными ядерными испытаниями. При этом возможна организация не постоянных, а временных пунктов контроля, которые при необходимости могут быть свернуты и перенесены в другой регион. Не вызывает сомнения, что, во-первых, такой подход к организации контроля значительно повышает вероятность обнаружения и идентификации подземных ядерных взрывов в результате размещения сейсмических групп в зоне уверенной регистрации, а во-вторых, потребует гораздо меньших затрат на проведение контроля со стороны стран-участников Договора.

Реально в распоряжении сообщества государств, подписавших Договор, должно находиться не более 3–5 одновременно функционирующих мобильных малоапертурных сейсмических групп. При этом существенно снижаются требования на установку первичных преобразователей и инфраструктуру системы наблюдений (временный характер работы подобным образом организованной сейсмической группы позволит использовать вахтовый принцип обслуживания).

Имеющийся опыт работы свидетельствует о принципиальной возможности развертывания в течение 3–5 суток с момента прибытия в район дислокации малоапертурной сейсмической группы оперативного контроля, состоящей из одного пункта трехкомпонентной и нескольких пунктов одноконтентной регистрации. При этом на переоборудование такой группы в станцию долговременного регионального контроля требуется не более 15–20 суток.

Институтом динамики геосфер Российской Академии наук в течение ряда лет эксплуатировался мобильный комплекс оперативного контроля и диагностики локальных участков земной коры

и регионального сейсмического контроля, размещенный на базе микроавтобуса. Комплекс использовался в следующих случаях:

- на Семипалатинском испытательном полигоне при изучении вызванной подземным ядерным взрывом остаточной сейсмичности;
- при сейсмическом мониторинге участков подземного захоронения жидких промышленных радиоактивных отходов под Красноярском и Димитровградом;
- при мониторинге склоновых явлений в районе Южных Альп (город Грозио);
- при выборе площадки для строительства подземной атомной теплоцентрали для теплоснабжения города Апатиты;
- при геофизическом мониторинге района Москвы;
- при ранжировании участков земной коры Кольского региона по степени механической устойчивости;
- мониторинге промышленных химических взрывов на карьерах предприятий Курской магнитной аномалии;
- диагностике района ПО «Маяк».

Испытания комплекса в сильно отличающихся условиях позволили разработать простую, но эффективную схему регистрации сейсмических событий, сбора и обработки данных.

При выборе количества периферийных пунктов однокомпонентной регистрации и их размещении по площади принимались во внимание результаты подробных исследований, проведенных на высокочастотных сейсмических группах NORESS, GERESS, которые позволили сравнить эффективность работы полной группы сейсмопунктов и усеченной до 4 станций группы (так называемой микрогруппы), а также собственный опыт работы с микрогруппами.

Оборудование пунктов сейсмической регистрации должно по возможности удовлетворять известным требованиям к сейсмическим измерениям.

Наиболее детально изучалась работа малоапертурной микрогруппы при мониторинге склоновых явлений в Южных Альпах. Схема сейсмического мониторинга включала центральный и два периферийных пункта регистрации, а также центр сбора, накопления и обработки информации, оборудованный цифровым регистрирующим комплексом EXPRESS.

Конечно же, при проведении контроля не следует ограничиваться только временными малоапертурными группами. Их деятельность непременно должна быть подкреплена работой нескольких постоянно функционирующих малоапертурных сейсмических групп по типу хорошо известных NORESS, ARKESS и других, размещенных в районах, в которых, исходя из имеющихся данных, существует необходимость контроля.

Несомненна также важная роль гидроакустических наблюдений, выполняемых с помощью стационарных и мобильных (размещенных на плавучих средствах) аппаратурных комплексов.

В заключение следует отметить, что при таком подходе к контролю ядерных испытаний при всех выгодах, связанных со снижением затрат на его организацию и повышением достоверности, удастся одновременно приблизиться к решению других, не решенных еще в полной мере вопросов обеспечения должного уровня контроля в случае применения способов сокрытия ядерных взрывов.

Отметим также, что здесь не затрагиваются вопросы контроля акваторий Мирового океана. Это обусловлено тем, что эффективность контроля здесь невысока: в случае проведения ядерного испытания в удаленном районе океана нет уверенности, что его обнаружение позволит установить страну, ответственную за нарушение Договора. В этом случае необходимо опираться на данные, получаемые из других (не технических) источников контроля.

Глава 5

Программа использования ядерных взрывов в мирных целях в СССР

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЕРВЫЕ ИДЕИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ	231
2. КОНЦЕПЦИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ.....	235
3. КЛАССИФИКАЦИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СССР	236
4. НАЧАЛО ПРОГРАММЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ В СССР	239
5. О РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗАРЯДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ	244
6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ	249
6.1. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры.....	249
6.2. Экскавационные ядерные взрывы	250
6.3. Интенсификация добычи на нефтяных промыслах	253
6.4. Тушение и ликвидация неуправляемых газовых фонтанов	254
6.5. Создание подземных полостей для различного использования	255
6.6. Ядерно-взрывная наработка изотопов.....	257
6.7. Использование технологии создания полостей в каменной соли для решения задачи наработки изотопов	260
6.8. О возможности использования ядерно-взрывных технологий для решения глобальных экологических проблем современной цивилизации.....	261
6.8.1. Некоторые особенности ядерно-взрывной технологии для уничтожения химически токсичных материалов.....	262
6.8.2. Ядерно-взрывная технология захоронения высокоактивных отходов атомной энергетики.....	264
7. МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ	267
8. СОЗДАНИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	268
8.1. Влияние ядерных оружейных программ на развитие фундаментальных исследований.....	268
8.2. Фундаментальные исследования в подземных ядерных испытаниях	271
8.3. Фундаментальные исследования, связанные с поражающими факторами ядерного взрыва	273
8.3.1. Электромагнитный импульс ядерного взрыва	273
8.3.2. Ударная волна ядерного взрыва	274
8.3.3. Радиоактивное загрязнение атмосферы и поверхности земли	275
8.3.4. Особенности высотного взрыва	276
8.4. Возможности ядерных технологий для решения некоторых фундаментальных задач.....	277
8.4.1. Разработка в США ядерного взрывного двигателя	278
8.4.2. Возможности использования ядерных взрывов для борьбы с астероидной опасностью	280
8.4.3. Проблема использования ядерных взрывов для изменения климата	282
9. ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ И ДОГОВОР О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ	282
ПРИЛОЖЕНИЕ К ГЛАВЕ 5. МИРНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ СССР. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕРЕСАХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА.....	285

1. ПЕРВЫЕ ИДЕИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Идея технического (народно-хозяйственного и научного) использования ядерных взрывов возникла, как только человечество получило в свои руки новый мощный источник энергии и ядерных частиц. Интересно вспомнить, что в сообщении Советского Информбюро о первом использовании ядерного оружия в СССР говорилось об его использовании для ирригационных задач. Не прошло и года после первого советского атомного испытания 29 августа 1949 года, как И.В. Сталин 16 мая 1950 года подписал специальное Постановление Совета Министров СССР «О научно-исследовательских, проектных и экспериментальных работах по использованию атомной энергии для мирных целей». В нем в качестве самостоятельного задания (со сроком исполнения в течение 1950 года) было предусмотрено: «Изучение возможности применения атомной энергии для взрывных работ. Расчетно-теоретические исследования характеристик атомных взрывов под землей и предварительная технико-экономическая оценка возможных методов использования атомных взрывов». В документе основными исполнителями этого задания были указаны Ю.Б. Харитон и Д.А. Франк-Каменецкий. Результаты испытания первых советских ядерных зарядов привели ученых к выводам о возможности эффективного использования энергии ядерного взрыва в народно-хозяйственных целях.

В начале пятидесятых годов Г.Н. Флеров и Д.А. Франк-Каменецкий, работавшие тогда в Арзамасе-16, предложили использовать подземный ядерный взрыв для наработки одного из изотопов урана (уран-233), а очаг взрыва с разогретой им породой использовать как резервуар тепла. Другими словами, они высказали идею создания с помощью подземного ядерного взрыва искусственного месторождения конкретного полезного продукта, а в разогретой зоне взрыва увидели разновидность геотермального источника. По этому предложению об использовании энергии и нейтронов водородных бомб для мирных целей в конце 1954 года Д.А. Франк-Каменецкий и Ю.А. Трутнев выполнили расчетные работы. В духе того времени этому предложению, как и последовавшим за ним другим предложениям по применению ядерных взрывов в мирных целях, был присвоен высокий гриф секретности.

В США в это время возможность использования ядерных взрывов в мирных целях связывалась с использованием для этого так называемых «чистых» термоядерных зарядов (Эдвард Теллер). Хотя исследования возможностей создания и параметров «чистого» оружия в США были связаны, прежде всего, с военными аспектами, их применение в мирных целях позволяло уменьшить побочные эффекты, связанные с радиоактивным загрязнением.

Полет мысли в столь неожиданной области сразу принял необычайный размах и, наряду с прагматичными идеями, высказывались предложения, безусловно, экстравагантные. Среди них – сообщение космическим аппаратам гигантских скоростей для полетов к далеким мирам посредством небольших ядерных взрывов, проводимых с некоторой периодичностью на определенном расстоянии от «взрыволета». Это предложение восходит к идеям Георгия Гамова, высказанным им в 1948 году в США в связи с проблемой создания ядерных двигателей с использованием в них ядерных боезарядов. Пожалуй, столь же необычным было предложение применять ядерные взрывы для управления погодой.

Это был период интенсивного поиска и больших надежд, когда, казалось, энергия атомного ядра полностью подвластна человеку, а побочные отрицательные эффекты ее использования могут быть взяты под гарантированный контроль.

Начиная с 1957 года, в США стали энергично проводиться подземные ядерные испытания (с зарядами небольшой мощности). В 1961–1962 годах и в СССР были проведены два первых подземных ядерных испытания. Первая важная экспериментальная информация о возможностях использования ядерных взрывов для экскавационных целей была получена в подземном испытании США 19 сентября 1957 года Rainier. Это был первый подземный взрыв США с удержанием продуктов взрыва под землей (энергосодержание 1,7 кт; глубина заложения – 274 м). В результате взрыва была создана полость диаметром в 33 м, содержащая скальные обломки со значительным уровнем ра-

диоактивности, но в нерастворимом виде. Это испытание продемонстрировало, что ядерный взрыв может разрушать большие массы скальных пород, и что практически вся радиоактивность может быть удержана в полости взрыва. Оно дало богатую информацию и выявило основные закономерности, присущие таким экспериментам. Это было существенно для программы ядерных взрывов в мирных целях, поскольку основную часть таких взрывов предполагалось проводить под землей.

В США программа практического применения ядерных взрывов в мирных целях Plowshare была начата в 1957 году. Она предусматривала: теоретические и экспериментальные исследования явлений, сопровождающих ядерные взрывы; разработку и испытания специальных ядерных устройств для научных и промышленных целей; исследования возможных областей использования ядерных взрывов в мирных целях; обоснование и реализацию проектов использования ядерно-взрывных технологий в мирных целях. В ее рамках рассматривались впечатляющие проекты промышленного использования ядерных взрывов для добычи полезных ископаемых, интенсификации добычи нефти, для строительства крупных сооружений: дамб, плотин, морских каналов и гаваней, образования искусственных водохранилищ, получения тепла и электроэнергии за счет энергии подземных ядерных взрывов. В научных целях предполагалось получение ценных минеральных компонентов (алмазов из графита), исследование структуры Земли, производство трансплутониевых элементов.

В 1956 году в рамках серии испытаний Redwing США впервые испытали два термоядерных заряда большой мощности, в которых подавляющая доля энергосвечения определялась термоядерными реакциями. В испытании Navajo 10 июня 1956 года в заряде мощностью в 4,5 Мт 95% энергосвечения дали термоядерные реакции.

Следует отметить, что при сравнении уровней чистоты промышленных термоядерных зарядов нужно использовать не собственно доли термоядерного энергосвечения α_t в полной мощности взрыва, а величины $1 - \alpha_t$, представляющие собой доли энергосвечения α_f , определяемые процессами деления, поскольку уровни радиоактивного загрязнения в основном (с точностью до наведенной активности) пропорциональны α_f . Величину $K_0 = 1/\alpha_f$ можно назвать коэффициентом чистоты термоядерного заряда (взрыва), поскольку она показывает, во сколько раз в данном заряде уровень радиоактивности, определяемый продуктами деления, меньше аналогичного уровня радиоактивности чисто ядерного заряда ($\alpha_f = 100\%$, $\alpha_t = 0$) той же мощности. Таким образом, для термоядерного заряда США, испытанного в Navajo, $K_0 = 20$.

Программа мирных ядерных взрывов в СССР во многом опиралась на идеи и результаты американской программы, хотя в практическом отношении программа СССР была значительно масштабнее: СССР провел 124 ядерных взрыва в мирных целях, 36 испытаний для отработки промышленных ядерных зарядов, в то время как США провели 27 экспериментов в мирных целях и испытаний для отработки промышленных ядерных зарядов.

В СССР первым успешным испытанием «чистого» заряда было испытание «сверхбомбы» 30 октября 1961 года, в котором 94% энергосвечения определялось термоядерными реакциями. ($K_0 = 16,7$). Однако основное значение для данной проблемы имела практическая реализация в 1962 году термоядерного зажигания основного модуля термоядерного заряда. Эта задача была решена специалистами КБ-11 под руководством Ю.А. Трутнева.

В августе 1963 года был заключен Московский договор, который положил конец ядерным взрывам в атмосфере, под водой и в космосе. Творческая мысль специалистов, проявивших интерес к мирному применению ядерных взрывов, сконцентрировалась теперь исключительно на подземных ядерных взрывах.

Большой объем строительства в 50–70-е годы в СССР, освоение крупнейших месторождений полезных ископаемых, находившихся на обширных малонаселенных территориях, уникальный опыт в технике проведения крупномасштабных взрывов химических ВВ создали широкие предпосылки для успешного применения подземных ядерных взрывов в промышленных целях в нашей стране.

15 января 1965 года в СССР был проведен первый промышленный ядерный взрыв (проект «Чаган») по использованию энергии ядерного взрыва для создания «воронки выброса» и искусственного водохранилища. Этот проект был в известной степени аналогичен проекту США Sedan, проведенному 6 июля 1962 года (сухая «воронка выброса»). Однако при создании ядерного взрывного устройства для этих работ наши специалисты достигли более высокого уровня «чистоты»

ядерного взрыва (94%) по сравнению с американским устройством (70%) (для проекта «Чеган» $K_0 = 16,7$, для проекта Sedan $K_0 = 3,3$). Работа по созданию этого промышленного заряда была выполнена коллективом специалистов КБ-11 под руководством Ю.А. Трутнева.

Следует отметить два события, имевшие место в СССР и в США в 1966 году и прямо связанные с обсуждаемым здесь вопросом.

В первой половине 1966 года заместитель председателя Совета Министров СССР и председатель Госкомитета по науке и технике В.А. Кириллин обратился к нескольким ведущим физикам страны, в том числе В.Л. Гинзбургу, Б.М. Понтекорво, Я.Б. Зельдовичу, А.Д. Сахарову и другим с просьбой написать обзоры о том, как они представляют себе перспективы развития физики в ближайшие десятилетия. Такие обзорные материалы ими были подготовлены, и в мае 1966 года изданы отдельным сборником для служебного пользования под названием «Наука будущего. Некоторые прогнозы о перспективах развития науки».

Сборник состоял примерно из 50 страниц, а тираж насчитывал только 50 экземпляров. Заключительная статья в сборнике принадлежала А.Д. Сахарову.

В своей статье он уделил значительное внимание перспективам мирного использования подземных ядерных взрывов. А.Д. Сахаров был полон оптимизма и веры в то, что многие из этих мирных проектов станут реальностью. Он даже вышел за рамки подземных ядерных взрывов и включил в свой перечень взрывы в камерах, в интересах метеорологии и их применение как средства для разгона «взрыволета» («ядерный взрывной двигатель»). Двадцатью годами позднее, в октябре 1988 года, он обнародовал достаточно смелое предложение использовать сверхмощные подземные термоядерные взрывы (порядка 100 мегатонн) для предотвращения возможных катастрофических землетрясений и снятия в земной коре опасных, критических напряжений.

В том же 1966 году, когда в СССР появился сборник «Наука будущего», в США, в Стэнфордском университете авторитетными специалистами, среди которых был и Эдвард Теллер, было прочитано 16 лекций по промышленному использованию подземных ядерных взрывов. Они дали впечатляющее представление о возможных применениях ядерных взрывов. Исключительно перспективным американцам казался проект создания нового канала через Панамский перешеек с помощью ядерных взрывов. Для проведения исследований по этому проекту согласно закону, принятому конгрессом, президент США утвердил специальную комиссию и на них было ассигновано 17,5 миллионов долларов. Оценки показали, что новый канал может быть сооружен за 10–14 лет к 1977–1981 году. Для этого требовалось от 0,75 до 1,45 миллиардов долларов, причем общее число ядерных взрывов в зависимости от выбранной мощности должно было составить от 200 до 300.

Любопытно отметить, что в июне 1957 года А.Д. Сахаров изучал предложение Н.И. Мартынова «О сооружении глубоководного пути между рекой Леной и Охотским морем за счет использования энергии взрывов атомных бомб», направленное ему И.В. Курчатовым. Сахаров отмечал, что полное рассмотрение предложения требует решения совокупности политических, экономических и научных проблем и может быть осуществлено только специальной межведомственной комиссией. По его сугубо предварительному личному мнению, одновременный взрыв 100 «чистых» водородных «мин» с мощностью взрыва в 100 кт (и более) каждая был бы, по-видимому, достаточен для прорыва важного участка канала через горный хребет Джуг-Джур. Опасность от γ -активности при этом не должна была превышать аналогичной опасности при испытании заряда РДС-бс.

Отметим, что речь, по-видимому, шла о прокладке канала по территории между Охотским морем и рекой Мая, которая является крупным притоком Алдана, который, в свою очередь, является основным притоком Лены. Характерное расстояние, которое нужно было по этому предложению об использовании энергии и нейтронов водородных бомб, взрывааемых под землей, для мирных целей при этом «освоить» методом ядерно-взрывных работ, составляло около 50 км.

Подземные ядерные взрывы рассматривались американскими специалистами как весьма эффективное средство для сооружения гаваней, водохранилищ, карьеров, каналов, выемок, плотин, емкостей для отвода воды в случае наводнения, емкостей для захоронения сильно загрязненных отходов, для дробления сланцев и интенсификации добычи нефти и газа и даже для создания искусственных водоемов в зонах отдыха.

Рассматривая перспективы применения ядерных взрывов в научных целях, Эдвард Теллер в своей лекции указал, в частности, что они эффективны для нейтронных и ядерно-физических экс-

периментов, создания новых элементов, нейтринной физики, для изучения структуры Земли посредством сейсмических волн, возбуждаемых ядерным взрывом – идеальным источником таких волн в этих целях.

Таким образом, к 1966 году перспективы мирного применения подземных ядерных взрывов как советским, так американским специалистам казались необычайно многообещающими. Не случайно, что когда в 1968 году Организация Объединенных Наций одобрила текст Договора о нераспространении ядерного оружия, а 5 марта 1970 года он вступил в силу, одна из центральных его статей гласила:

«Каждый из Участников настоящего Договора обязуется предпринять соответствующие меры с целью обеспечения того, чтобы в соответствии с настоящим Договором, под соответствующим международным наблюдением и посредством соответствующих международных процедур потенциальные блага от любого мирного применения ядерных взрывов были доступны государствам – участникам настоящего Договора, не обладающим ядерным оружием, на недискриминационной основе, и чтобы стоимость используемых взрывных устройств для таких Участников Договора была такой низкой, как только это возможно, и не включала расходы по их исследованию и усовершенствованию...».

С этого момента говорить о «потенциальных благах» мирного применения ядерных взрывов стало своеобразным признаком хорошего тона в речах лидеров ведущих стран мира и в выступлениях авторитетных ученых на международных форумах.

В 1969–1971 годах состоялись советско-американские переговоры экспертов по вопросам мирного использования подземных ядерных взрывов. Наряду с чисто техническими аспектами, они явились мероприятием, которое для того времени было символом определенного доверия.

Один из обсуждавшихся международных проектов, связанных с экскавационной ядерной взрывной технологией США, относился к строительству канала, который связывал бы Мертвое море в Израиле с ближайшими морями. Первоначально обсуждалось строительство канала между Мертвым морем и Красным морем, а затем – между Мертвым морем и Средиземным морем. В последнем случае возникала необходимость прокладки нескольких туннелей, хотя длина канала была существенно меньше. Расстояние между Мертвым морем и Красным морем составляет около 180 км, в то время как расстояние до Средиземного моря – 80 км.

Цель такого проекта была связана с предотвращением высыхания Мертвого моря и связанного с этим нарушения микроклимата, а также с возможностью создания при этом гидроэлектрических сооружений, поскольку уровень Мертвого моря на 400 метров ниже уровня Мирового океана.

Еще один экскавационный проект относился к Юго-Восточной Азии – полуострову Малакка. В этом случае создание канала через этот длинный и узкий полуостров могло бы позволить существенно сократить путь танкеров при доставке нефти в Японию. Этот проект был с интересом встречен руководством Таиланда. Именно на территории Таиланда находится перешеек Кра, представляющий собой наиболее узкую часть полуострова Малакка. В этом случае экскавационные работы должны были преобразовать в канал участок длиной в несколько десятков километров. Проблема состояла в том, что трасса должна была иметь достаточную глубину, чтобы пропускать супертанкеры.

Интерес к экскавационной технологии был проявлен в 70-е годы и в Египте. В этом случае он был связан с обводнением впадины Каттара (пустынный район, который лежит на 50–100 м ниже уровня Мирового океана и занимает около 10% территории Египта) за счет ее соединения со Средиземным морем. Минимальное расстояние между ними составляло около 70 км. Кроме собственно обводнения, канал можно было использовать в течение длительного времени (около 60 лет) для значительного производства электроэнергии. Этот перспективный проект прошел предварительную проработку, но был прекращен после гибели президента Египта Анвара Садата, который оказывал ему энергичную поддержку.

В качестве полезных факторов рассматривались все проявления ядерного взрыва:

- механическое – выброс, дробление, вспучивание горной породы, а впоследствии и образование полостей, воздействие на метеориты и кометы, использование сейсмического эффекта;
- ядерно-физическое – синтез изотопов и измерения ядерно-физических констант;

- тепловое – генерация пара; сжигание вредных веществ;
- электромагнитное – формирование радиоимпульсов и использование магнитодинамического эффекта (ускорители), термоядерные генераторы тока.

Всего известно около 50 разных технических предложений применения ядерных взрывов.

2. КОНЦЕПЦИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

В основу программы и проектов проведения мирных ядерных взрывов были положены следующие положения:

1. Результат осуществления взрыва (программы) не может быть достигнут другими современными средствами или же эффект при использовании ЯВ достигается при затратах средств и ресурсов в несколько раз меньших, чем в альтернативном неядерном методе, то есть с высокой экономической эффективностью.

2. Не должно быть значимого побочного вредного воздействия на персонал, население и окружающую среду.

3. Выбор взрывного устройства, места и редакции проведения взрыва должны обеспечивать минимальное возможное радиоактивное загрязнение окружающей среды, в частности, недр.

4. При проведении взрывов не должны нарушаться положения Московского Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой от 5 августа 1963 года, Договора между СССР и США о подземных ядерных взрывах в мирных целях от 25 мая 1976 года.

5. Разработка ядерных взрывных технологий должна быть ориентирована для достижения крупных экономических эффектов.

Свое практическое воплощение идеи использования подземных ядерных взрывов в народно-хозяйственных целях в Советском Союзе получили, в частности, благодаря инициативе и широкой поддержке со стороны Министра среднего машиностроения Е.П. Славского. При его непосредственной поддержке и участии был осуществлен 15 января 1965 года первый подземный ядерный взрыв в мирных целях, с целью создания водохранилища в русле реки Чаган на Семипалатинском испытательном полигоне.

В ноябре 1965 года на совещании ведущих ученых, главных конструкторов-создателей ядерного оружия нашей страны рассматривался вопрос о перспективах эффективного использования мирных ядерных взрывов. Участники совещания проявили искреннее желание способствовать успеху мирного использования взрывов и приложить все свои знания для создания ядерных зарядов, обеспечивающих максимальную эффективность их использования в народном хозяйстве. На совещании были определены требования к промышленным ядерным зарядам:

- минимальная остаточная радиоактивность после взрыва для наименьшего загрязнения атмосферы, горных пород и подземных вод;
- максимальное соответствие расчетной и фактической мощности заряда для достижения заданных целей;
- оптимальные габариты и форма ядерного устройства, соответствующие условиям его спуска в глубокие скважины.

В короткие сроки были разработаны и созданы специальные ядерные заряды для мирных взрывов. Эти заряды имели габариты, позволяющие использовать их в скважинах, выдерживали большие давления и температуры и имели заданные проектом уровни энерговыделения.

За несколько лет был накоплен большой научно-технологический опыт в новой области, стали создаваться физико-математические модели явлений, сопровождающих взрывы, позволившие их использовать в расчетах на ЭВМ. Это определило техническую возможность и высокую эффектив-

ность применения подземных ядерных взрывов для реализации многих народнохозяйственных программ, осуществление которых обычными средствами было малоэффективно. В этот период начали разрабатываться основные положения отечественной Программы по использованию подземных ядерных взрывов в мирных целях – Программа № 7. Руководителем Программы стал заместитель Е.П. Славского профессор А.Д. Захаренков, научным руководителем – профессор О.Л. Кедровский. Этой Программой предусматривалось:

- проведение исследований основных процессов, происходящих при подземных ядерных взрывах в различных средах и эффектов, сопровождающих взрыв;
- изучение полезных эффектов для создания различных типов ядерно-взрывных технологий;
- разработка и опытно-промышленная проверка ядерно-взрывных технологий; оценка безопасности ядерно-взрывных технологий;
- оценка стоимости сооружений и продукции, созданных ядерным взрывом.

Основной особенностью этой Программы являлся ее межотраслевой характер. В реализации Программы было задействовано более десяти союзных министерств: МСМ, Мингазпром, Миннефтепром, Минугольпром, Минэнерго, Минцветмет, Минводхоз и другие, по заказам которых проводились мирные ядерные взрывы.

Основные научно-исследовательские коллективы-участники работ: ВНИИЭФ (Арзамас-16) и ВНИИТФ (Челябинск-70) разрабатывали заряды и средства их подрыва; конструкторское бюро АТО (Москва) создало средства доставки и подрыва многократного использования; головной институт по проблеме – Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт промышленной технологии (ранее ПромНИИПроект) в содружестве со Спецсектором Института физики земли АН СССР, Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина, Институтом Биофизики Минздрава СССР, Институтом прикладной геофизики Госкомгидромета СССР, многими отраслевыми технологическими институтами и производственными организациями (всего более 150 институтов и организаций) провели большой объем исследований эффектов и процессов, сопровождавших ядерные технологические взрывы.

Из всех изучаемых направлений значительный масштаб имели три ядерно-взрывных технологии:

- глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ);
- сооружение подземных резервуаров;
- интенсификация добычи нефти и газа.

В основном, для этих целей использовались камуфлетные ядерные взрывы.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

В СССР за период с 1965 по 1988 год была реализована масштабная программа использования ядерных взрывов в интересах народного хозяйства. В приложении 1 приведены официальные обобщенные данные Минатома России по мирным ядерным взрывам.

В рамках программы проведения ядерных взрывов в мирных целях – промышленных взрывов (ПВ) – в СССР было проведено 124 ядерных взрыва, при этом 116 ядерных взрыва были взрывами индивидуальных ядерных зарядов, а 8 ядерных взрывов были групповыми ядерными взрывами в мирных целях. В составе этих 8 групповых ЯВ было взорвано 19 ядерных зарядов, так что общее число взрывов ЯЗ в мирных целях составляет 135.

Таблица 5.1. Распределение проведения промышленных ядерных взрывов ($N_{ПВ}$) и взорванных в них ядерных зарядов ($N_{ЯЗ}^{ПВ}$) по годам

Год	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
$N_{ПВ}$	4	2	1	4	4	3	8	8	5
$N_{ЯЗ}^{ПВ}$	5	2	1	6	4	3	10	8	5
Год	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
$N_{ПВ}$	6	3	3	7	9	9	5	5	8
$N_{ЯЗ}^{ПВ}$	6	3	3	7	10	13	5	5	8
Год	1983	1984	1985	1987	1988	Всего			
$N_{ПВ}$	9	11	2	6	2	124			
$N_{ЯЗ}^{ПВ}$	9	12	2	6	2	135			

Начинались промышленные взрывы на Семипалатинском полигоне в 1965 году с осуществления экскавационных взрывов по созданию воронок для искусственных водохранилищ. Рекордным по числу мирных взрывов оказался 1984 год – 11 взрывов, в 1971, 1979, 1983 годах осуществлялось по 8–9 взрывов.

Из таблицы 5.1 видно, что работы по использованию ядерных взрывов в промышленных целях велись достаточно интенсивно в течение 1965–1988 годов, то есть практически на протяжении всего периода проведения подземных ядерных испытаний СССР.

Всего в целях отработки промышленных зарядов и проведения промышленных взрывов было проведено 156 ядерных испытаний из общего числа 494 ядерных испытаний за этот период времени (или 31,5%), и было взорвано 173 ядерных заряда и устройства из общего числа 748 ядерных зарядов, взорванных за этот период времени (или 23%).

Таблица 5.2. Распределение промышленных ядерных взрывов и взрывов ядерных зарядов в них по районам

Регион	$N_{ПВ}$	$N_{ЯЗ}^{ПВ}$
Европейская часть РСФСР	48	52
Азиатская часть РСФСР	32	32
Казахская ССР	39 (32)	46 (37)
Украинская ССР	2	2
Узбекская ССР	2	2
Туркменская ССР	1	1
Всего	124	135

Примечание. Для Казахстана в скобках приведены значения $N_{ПВ}$ и $N_{ЯЗ}^{ПВ}$ для промышленных взрывов, проведенных вне Семипалатинского полигона. На полигоне Новая Земля промышленные взрывы не проводились.

Наибольшее число промышленных ядерных взрывов (80) было проведено на территории Российской Федерации.

Из 135 взрывов ядерных зарядов программы промышленных взрывов 130 взрывов было проведено в скважинах, 4 взрыва – в штольнях и 1 взрыв – в шахте.

Полное энерговыделение всех промышленных взрывов составляет около 1,78 Мт.

В рамках программы проведения промышленных взрывов использовалось 36 типов ядерных зарядов, при этом некоторые типы ядерных зарядов использовались многократно (один тип ядерных зарядов использовался в реализации программы промышленных взрывов 55 раз).

При реализации программы промышленных ядерных взрывов из 135 взрывов ядерных зарядов 53 взрыва приходилось на ядерные заряды разработки ВНИИТФ, а 82 взрыва – на ядерные заряды разработки ВНИИЭФ. Из 36 типов ядерных зарядов, использованных при проведении промышленных взрывов, 24 типа ядерных зарядов относятся к разработкам ВНИИЭФ, а 12 – к разработкам ВНИИТФ, в том числе ядерный заряд, который имел наиболее массовое применение.

Следует отметить, что не все ядерные заряды, разработанные в рамках программы отработки промышленных зарядов, были использованы в целях промышленных взрывов, и что в ряде случаев для проведения промышленных взрывов использовались ядерные заряды, ранее разработанные для других (то есть военных) целей.

Для отработки промышленных зарядов (ОПЗ) СССР было проведено 32 ядерных испытания. Из них 26 испытаний представляли собой индивидуальные ядерные испытания, а в шести из них испытывалось по два ядерных заряда. В этих 6 групповых ядерных испытаниях в интересах отработки промышленных зарядов было испытано девять ядерных зарядов, а остальные три ядерных заряда испытывались в других целях. Кроме того, в трех групповых ядерных испытаниях, основная цель которых была иной, были проведено три дополнительных испытания в рамках программы отработки промышленных зарядов. Таким образом, полная программа отработки промышленных зарядов СССР включает 38 испытаний ядерных зарядов, проведенных в составе 26 индивидуальных и 9 групповых ядерных испытаний.

Таблица 5.3. Распределение ядерных испытаний и взрывов ядерных зарядов в интересах отработки промышленных зарядов по годам

Год	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
<i>N_{яи}</i>	2	2	7	4	3	5	4	1
<i>N_{яз}</i>	2	2	7	6	3	6	4	1
Год	1972	1973	1974	1975	1983	1984	Всего	
<i>N_{яи}</i>	1	1	1	1	-	-	32	
<i>N_{яз}</i>	2	1	1	1	1	1	38	

Из таблицы 5.3 видно, что основной пик деятельности по отработке промышленных зарядов приходится на 1966–1970 годы, когда за пять лет было реализовано около 70% общего объема отработки промышленных ядерных зарядов.

В рамках этой программы было испытано 23 типа различных промышленных зарядов, при этом максимальное число испытаний, которое было реализовано для одного типа ядерных зарядов, составляет 5.

Из 38 испытаний ядерных зарядов в рамках программ отработки промышленных зарядов 36 испытаний было проведено на Семипалатинском полигоне, и два испытания – на полигоне Новая Земля. При этом из 38 испытаний ядерных зарядов в интересах отработки промышленных зарядов 32 взрыва было проведено в штольнях и 6 взрывов – в скважинах, что говорит о том, что определяющим видом отработки промышленных зарядов были испытания в штольнях. Полное энерговыделение всех 38 взрывов в рамках программ отработки промышленных зарядов составляет 900 кт.

Специалисты ВНИИЭФ и ВНИИТФ разработали и испытали специальные термоядерные устройства, которые обладают очень низкой долей энерговыделения за счет реакций деления.

Во ВНИИТФ был создан широкий спектр ядерных взрывных устройств диаметром 182 мм и 260 мм, способных работать при температурах 120°C и давлениях до 750 атм. Конструкция и физическая схема этих боеприпасов позволяла использовать стандартное буровое оборудование и обеспечивать долговременную экологическую безопасность.

Из данных классификационной схемы (таблица 5.4) видно, что больше всего промышленных ядерных взрывов было осуществлено по программе глубинного сейсмозондирования (39), затем идут программы создания опытно-промышленных емкостей (25) и интенсификации добычи нефти и газа (21), а также отработка технологий создания полостей в массивах каменной соли (17).

Большинство взрывов (84) было проведено на глубине до 1000 м, остальные взрывы (40) – на глубинах 1000–2500 м.

В таблице 5.4 приведено распределение мирных ядерных взрывов по их целевому назначению. Из таблицы видно, что большая часть этих взрывов имела статус опытно-промышленных работ, то есть была направлена на получение практически значимых результатов.

Таблица 5.4. Распределение подземных взрывов ядерных устройств в промышленных целях, произведенных на территории СССР в 1965–1988 годах

Целевое назначение (заказчик)	Условное наименование технологической площадки (число мирных ядерных взрывов)	Всего
Опытно-промышленные работы с применением ядерно-взрывных технологий		
Глубинное сейсмическое зондирование земной коры в целях поиска структур, перспективных для разведки полезных ископаемых (Министерство геологии СССР)	«Агат» (1), «Батолит» (2), «Глобус» (4), «Горизонт» (4), «Кварц» (3), «Кимберлит» (3), «Кратон» (4), «Меридиан» (3), «Метеорит» (4), «Регион» (5), «Рифт» (3), «Рубин» (2), «Шпат» (1)	39
Создание опытно-промышленных подземных емкостей (Министерство газовой промышленности СССР)	«Вега» (15), «Дедуровка» (2), «Ли́ра» (6), «Совхозное» (1), «Тавда» (1)	25
Интенсификация добычи нефти (министерства нефтяной промышленности и геологии СССР) и интенсификация притоков газа (Министерство газовой промышленности СССР)	«Ангара» (1), «Бензол» (1), «Бутан» (4), «Вятка» (1), «Гелий» (5), «Гриффон» (2), «Нева» (4), «Ока» (1), «Тахта-Кугультинское» (1), «Шексна» (1)	21
Перекрытие скважин газовых фонтанов (Министерство геологии СССР)	«Кратер» (1), «Памук» (1), «Пирит» (1), «Факел» (1), «Урта-Булак» (1)	5
Дробление руды (Министерство по производству минеральных удобрений СССР)	«Днепр» (2)	2
Захоронение в глубокие геологические формации биологически опасных промышленных стоков нефтехимических производств (Министерство нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности СССР)	«Кама» (2)	2
Предупреждение внезапных выбросов угольной пыли и метана (Министерство угольной промышленности СССР)	«Кливаж» (1)	1
Создание плотин-хвостохранилищ рыхлением пород (Министерство цветной металлургии СССР)	«Кристалл» (1)	1
Создание траншеи-выемки в аллювиальных грунтах (Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР)	«Тайга» (1)	1
Экспериментальные работы по отработке ядерно-взрывных технологий для промышленных целей (Ответственный исполнитель – Министерство среднего машиностроения СССР)		
Создание подземных емкостей в массиве каменной соли (Казахстан, Гурьевская область, в радиусе 20 км от поселка Большой Азгир)	«Галит» (17)	17
Создание водохранилищ (Семипалатинский испытательный полигон Министерства обороны СССР)	«Сары-Узень» (1), «Телькем» (2), «Чаган» (1)	4
Отработка создания воронок для водохранилищ и изучение вопросов инженерной сейсмологии	«Сайс-Утес» (3)	3
Отработка технологии захоронения радиоактивных продуктов взрыва	Семипалатинский испытательный полигон (СИП) (2)	2
Сброс грунта по горному склону для плотины (Семипалатинский испытательный полигон Министерства обороны СССР)	«Лазурит» (1)	1
Всего		124

4. НАЧАЛО ПРОГРАММЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ В СССР

Как отмечалось, различные вопросы использования ядерных взрывов в мирных целях рассматривались в СССР с начала 50-х годов. Дополнительный импульс к исследованию этих вопросов

был дан мораторием на ядерные испытания с 1958 по 1961 год. В 1961 году США провели свой первый подземный взрыв в рамках программы Plowshare. В этих условиях было необходимо принимать решение о формировании государственной политики в отношении ядерных взрывных технологий. В принципе имелись две возможности: сосредоточиться исключительно на военной программе ядерных испытаний, или же начать осваивать новую сферу деятельности использования ядерных взрывов для решения хозяйственных и научных проблем. Следует отметить, что это решение было необходимо принимать в условиях перехода на новый вид ядерных испытаний – подземный, в отношении которого в СССР был накоплен небольшой практический опыт (до 1964 года было проведено всего два подземных ядерных взрыва). Другая сторона проблемы состояла в том, что количество подземных ядерных испытаний вообще могло быть небольшим как из-за специфики технологий, так и из-за особенностей полигонов, и в этих условиях принятие решения о выделении их части на мирную тематику требовало большой смелости. Тем не менее, такое решение было принято, и выдающуюся роль в этом сыграл министр МСМ Е.П. Славский.

Для осуществления такого подхода требовалась ясная позиция ведущих специалистов ядерной отрасли, ее ключевых организаций. Мы приводим ниже письмо ведущих специалистов КБ-11 Ю.А. Трутнева и Ю.Н. Бабаева о необходимости развертывания работ по мирным ядерным взрывам, направленное ими Е.П. Славскому 21 марта 1962 года.

«О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЦЕЛЯХ

В течение последних трех лет в КБ-11 изучался вопрос о возможностях использования атомных и термоядерных зарядов в промышленных и научных целях.

Ввиду большой загруженности работой по основной тематике объекта мы не могли уделять этой проблеме много внимания. Однако уже проведенная сравнительно небольшая работа показала, что количество задач, которые можно решать с помощью взрывов, весьма велико, а сами задачи выходят за рамки тематики объекта и Министерства среднего машиностроения.

Решение каждой задачи связано с широкими теоретическими и экспериментальными исследованиями. Это потребует привлечения большого числа специалистов самых разнообразных отраслей знаний.

Следует подчеркнуть, что в США, судя по сообщениям печати, работа по изучению возможностей промышленного использования взрывов проводится уже с 1957 года и вышла из теоретической и лабораторной стадии.

Американцы опубликовали некоторые сведения по разработанным у них проектам, из которых видно, что исследования по применению взрывов ведутся очень широким фронтом. По программе «Плаушер» в США намечено произвести ряд подземных взрывов и, по-видимому, частично это выполнено.

Отсутствие подобной работы в Советском Союзе вызывает у нас беспокойство, так как использование взрывов в ряде случаев позволяет решать задачи, которые другим способом решить нельзя.

По нашему мнению, было бы целесообразно для разработки программы по изучению возможностей использования ядерных взрывов в промышленных и научных целях создать правительственную комиссию, задачами которой было бы в кратчайший срок:

изучить возможности использования взрывов и определить основные направления работы;

выработать предложения по организации научно-исследовательских работ, либо решением правительства непосредственно возложить ответственность за вопросы мирного использования ядерных взрывов на МСМ или Комитет по ИАЭ.

КБ-11 может взять на себя разработку специальных зарядов, их испытание, а также принять участие в работе по задаче локализации многократных взрывов.

Просим Вашего содействия в решении поставленных вопросов.

ПРИЛОЖЕНИЕ. О ПРИМЕНЕНИИ АТОМНЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕЛЯХ

Кроме военного применения в качестве оружия, атомные и термоядерные заряды, специальным образом сконструированные, могут быть использованы в технических и научных целях. Ниже приводим примерный перечень возможных применений.

I. Энергетика, производство электроэнергии.

II. Производство делящихся и радиоактивных материалов:

- плутоний-239;
- уран-233;
- трансурановые элементы (Cm-245 и Cf-251);
- тритий;
- большие массы радиоактивных изотопов любых элементов.

III. В химической промышленности – там, где требуются высокие температуры и большое количество энергии:

- азотная промышленность;
- получение карбида кальция и затем ацетилена;
- получение больших масс негашеной извести;
- металлургия и т.д.

IV. Горнодобывающая промышленность и строительство, связанное с перемещением больших масс грунта.

- вскрышные работы;
- строительство каналов и гаваней;
- создание необходимых котлованов;
- добыча нефти из пропитанных нефтью песков и густой нефти;
- вывод на поверхность подземных вод и т.д.

Уже из этого перечня видно, какое количество задач можно решать с помощью ядерных взрывов.

Наиболее заманчивым нам представляется использование ядерных взрывов для производства электроэнергии и делящихся активных веществ: Pu-239, U-233 и трансурановых элементов.

Следует отметить, что сама по себе идея применения атомных и термоядерных взрывов для получения энергии и активных веществ не является новой. Начиная с 1949 года и позже, Флеров Г.Н. и Франк-Каменецкий Д.А. (в то время сотрудники КБ-11) предлагали производить под землей атомные и термоядерные взрывы для получения энергии и активных веществ Pu-239 и U-233. При этом предполагалось, что большая часть энергии взрыва остается в расплавленной породе, нагретой до 2000°–3000°. Отбор энергии, по мысли авторов, производится путем охлаждения расплава водой, нагнетаемой через пробуренные скважины. Нейтроны, образующиеся при взрыве, предполагалось поглощать в U-238 или Th-232, которые помещались вблизи заряда. При поглощении нейтронов уран-238 переходит в плутоний-239, а торий-232 – в уран-233. После полного охлаждения место взрыва можно рассматривать как искусственное месторождение активных веществ.

Как нам кажется, проведение взрывов в замкнутой камере, стенки которой достаточно прочны, чтобы выдержать ударное воздействие многих взрывов, позволяет по-другому решить проблему использования ядерной энергии и нейтронов в промышленности. Энергия взрыва при этом концентрируется в специальном газе-теплоносителе, который заранее помещается в полость камеры. Количество этого вещества должно быть таково, чтобы возникающие в нем температуры не приводили к плавлению стенок камеры. Возможно охлаждение стенок камеры снаружи, например, водой.

Не представляет трудностей создать конструкцию заряда, в которой выделившиеся при взрыве нейтроны практически полностью будут поглощаться ураном-238 или торием-232, специально помещенным в заряд.

Образующиеся плутоний-239 или уран-233, а также плутоний, не испытавший деления, первоначально распределяются по всей массе газа-теплоносителя. Вместе с горячим газом активные вещества поступают в аппаратуру, где происходит их выделение. Затем газ проходит через теплообменник и подается в компрессор, который непрерывно нагнетает охлажденный газ-теплоноситель, во взрывную камеру в период между взрывами. Таким образом, после охлаждения газа и извлечения из него активных веществ в камере можно производить новый взрыв. Такого рода установка даст возможность осуществить непрерывное производство электроэнергии и делящихся веществ путем проведения следующих один за другим взрывов.

Особенно интересным является использование в этой схеме термоядерных зарядов. В них в качестве «горючего» материала используется дешевый дейтерий. Делящиеся вещества употребляются только в качестве «запала» для термоядерных реакций. Такие системы являются мощными источниками термоядерной энергии и термоядерных нейтронов, причем на единицу мощности количество выделяющихся нейтронов в 6–10 раз больше, чем то, которое выделяется при делении, а количество радиоактивных осколков может быть сделано раз в 10 меньше, чем в зарядах, основанных на делении.

В настоящее время в СССР поиски путей использования термоядерных реакций в промышленных целях происходят, в основном, в направлении создания систем типа магнитного термоядерного реактора (МТР). В таких системах дейтериевая плазма, в которой протекают термоядерные реакции, нагретая до высоких (порядка сотни миллионов градусов) температур, удерживается от разлета магнитным полем.

Подобного рода системы, в случае их реализации, могут дать возможность получения управляемой термоядерной реакции и, также, будут являться источниками термоядерной энергии и нейтронов.

До сих пор осуществление систем типа МТР наталкивается на ряд принципиальных трудностей, и в настоящее время невозможно сказать, когда такие системы будут представлять промышленный интерес.

Использование термоядерных взрывов является наиболее прямым путем в проблеме овладения термоядерной энергией. Этот путь обладает тем преимуществом, что в зарядах уже решена задача высвобождения термоядерной энергии и нейтронов. Задача же дешевой локализации многократных взрывов хотя и является трудной, но трудности не носят принципиального характера.

Получение активных веществ с помощью ядерных и, особенно термоядерных, взрывов обладает рядом преимуществ по сравнению с котельным способом на быстрых нейтронах. Коэффициент воспроизводства делящихся веществ (отношение образовавшегося активного вещества к сгоревшему) составляет по атомным зарядам 1,9, а по термоядерным – 5–6 и растет до бесконечности с увеличением мощности заряда. Термоядерные взрывы позволяют осуществить получение урана-233 из тория-232 с таким коэффициентом воспроизводства, который никогда не может быть достигнут в размножающих котлах на быстрых нейтронах. В случае использования термоядерных взрывов мощностью 20 килотонн на 1 кг плутония или урана-233, содержащегося в газе, будет приходиться всего 0,07 кг (вместо 1,2 кг в обычном котельном способе) радиоактивных веществ.

Следовательно, время выдерживания извлеченного из газа материала перед переработкой уменьшается в 10 раз.

В прилагаемой таблице приведены ориентировочные параметры установки для различных значений энерговыделения термоядерных зарядов, характеризующие масштаб сооружения.

В рассматриваемой схеме предполагается, что стенки камеры выполнены из стали с пределом упругости $\sim 35 \text{ кг/мм}^2$. В качестве теплоносителя взят инертный газ гелий. Инертный газ выбран по следующим соображениям:

- он химически не взаимодействует со стенками камеры;
- предполагается, что извлечение активных веществ в этом случае проще.

При оценках принималось, что температура газа после взрыва не превышает $\sim 1300^\circ\text{C}$.

Вопрос о выборе наиболее подходящего материала для стенок камеры и теплоносителя требует специального изучения. Не исключено, что в качестве теплоносителя можно использовать воду.

E		M	A_1	W	A	Σ_W	Σ_{BB}
тыс. т ТЭ	млн. кВт-час						
8,5	9,6	2,55	1,24	3,84	8,28	22,6	900
17	19,2	5,1	3,57	7,7	28,3	67,5	
34	38,4	10,2	9,0	15,4	73,4	135	
85	96	25,5	25	38,4	210	337	

Обозначения таблицы:

E – энергия отдельного заряда в тысячах тонн тротила и в миллионах кВт-часов;

M – количество стали в миллионах тонн, необходимое для того, чтобы стенки камеры выдержали ударное воздействие взрыва;

A_1 – количество плутония или урана-233 в кг, образующегося при одном взрыве;

W – мощность электростанции в млн.квт при частоте взрывов один взрыв в час и КПД $\sim 40\%$;

A – полное количество плутония или урана-233 в тоннах, получаемое в результате работы установки в течение года, с учетом того, что часть этих веществ идет на изготовление зарядов;

Σ_W – полное количество электроэнергии в млрд.квт-час, вырабатываемое установкой в течение года;

Σ_{BB} – полное количество взрывчатки в тоннах, расходуемое за год в зарядах.

Приведенную схему установки нужно рассматривать как приблизительную, основанную только на оценках, так как проблема дешевой локализации многократно производимых ядерных взрывов является по существу совершенно неизученной. Неясными являются пока и проблема отделения получаемых активных веществ от газа, возможные потери их за счет осаждения на стенки камеры и в коммуникациях.

Несомненно, что в результате серьезной научно-исследовательской работы появится проект, в котором задача использования взрывов в указанных целях будет решена более рациональным способом и в меньших масштабах сооружения. Эту работу необходимо начинать.

Особо стоит остановиться на проблеме получения с помощью термоядерных взрывов трансурановых элементов кюрия-245 и калифорния-251. В настоящее время кажется ясным, что это единственный реальный путь изготовления трансуранов в количествах, пригодных для практического использования.

Ряд данных о свойствах трансуранов позволяет ожидать, что критическая масса кюрия в 3–4 раза, а калифорния в 10 раз меньше критмассы плутония-239. Если бы в нашем распоряжении имелись бы макроскопические количества этих веществ, то это открыло бы новые возможности в конструировании атомного и термоядерного оружия и, вероятно, привело бы к изобретениям, которые сейчас трудно предугадать.

Возникновение трансурановых элементов в ядерном взрыве происходит за счет последовательного присоединения нейтронов к исходному веществу, которым могут служить уран-238 или плутоний-240. Многократное присоединение нейтронов обеспечивается плотным нейтронным полем, образовавшимся в результате интенсивной термоядерной реакции. В ходе присоединения нейтронов при взрыве, в отличие от котельных установок, последовательно образующиеся изотопы урана не успевают подвергнуться β -распадным процессам. Поэтому процесс присоединения нейтронов заключается в последовательном образовании изотопов урана (или плутония). Процессы β -распада происходят после взрыва, причем цепочки распадов обрываются на β -стабильном изотопе.

Взрывная схема получения трансуранов обладает существенным преимуществом перед котельной схемой, в которой успевают протекать β -процессы. Дело в том, что изотопы урана, начиная с урана-240, не делятся под действием медленных нейтронов. В котле эти изотопы за счет β -распада успевают превратиться в делящиеся изотопы плутония, америция и кюрия. Таким образом появляется конкурирующий с захватом процесс деления, причем вероятность деления больше, чем вероятность захвата. Во взрывной схеме этого удастся избежать, за исключением звена уран-239.

Схему взрывной установки для получения плутония или урана-233 можно использовать и для получения трансуранов. Оценки и модельные расчеты показывают, что при взрыве термоядерного заряда мощностью ~ 30 тыс. тонн ТЭ возможно получение около 100 г калифорния и нескольких сотен граммов изотопов кюрия. При увеличении мощности взрыва выход трансурановых элементов растет сильнее, чем пропорционально мощности.

В настоящее время трудно оценить, какую абсолютную стоимость будут иметь плутоний, уран-233, кюрий и калифорний, получаемые с помощью взрывной промышленной установки с непрерывным циклом. По самым ориентировочным оценкам, плутоний-239 и уран-233, получаемые с помощью взрывов при большом масштабе производства и при условии удачного решения проблемы дешевой многократной локализации взрывов и проблемы выделения активных веществ из теплоносителя, по-видимому, будут стоить в несколько раз дешевле котельного плутония. Есть соображения, на основании которых можно ожидать, что стоимость сплава трансуранов с такой же критической массой, как и у кюрия-245, будет относиться к стоимости «взрывного» плутония как 20–30:1.

Заметим, что, кроме калифорния, в термоядерных взрывах возможно получение новых, более далеких элементов, таких как еще неоткрытый нобелий и т.д. С научной точки зрения, это представляет большой интерес.

Мы не будем останавливаться на подробном рассмотрении других возможных применений ядерных взрывов, хотя они имеют значение не меньше, чем получение активных веществ. Этим делом должны заняться соответствующие специалисты. Укажем только, что, по американским данным, использование взрывов для добычи нефти из пропитанных нефтью песков и густой нефти позволяет увеличить во много раз мировые запасы нефти, поддающиеся извлечению. На каждую килотонну мощности взрыва можно будет получать около 1600 тонн нефти. Если эти оценки справедливы для геологических условий СССР, то указанный способ добычи нефти может иметь исключительно важное значение.

Судя по опубликованным данным, в США еще в 1957 году комиссия по атомной энергии начала осуществление так называемой программы «Плаушер» по изучению потенциальных возможно-

стей применения ядерных и термоядерных взрывных устройств в промышленных и научных целях. Из сообщений печати видно, что эти работы велись и ведутся очень широким фронтом по всем перечисленным направлениям. Более того, работа уже вышла из теоретической и лабораторной стадии: 10 декабря 1961 года американцы произвели первый подземный ядерный взрыв по программе «Плаушер». Цель испытания – определение осуществимости идеи удержания тепловой энергии для производства электричества, изучение эффектов подземного взрыва, возможное получение новых радиоактивных изотопов. Нет сомнения в том, что часть остальных подземных взрывов (из общего числа – 21) также проведена согласно программе «Плаушер».

В Советском Союзе, к сожалению, такие работы не проводятся вообще, хотя вопрос об этом неоднократно поднимался. Принимая во внимание количество задач, которое можно решать с помощью ядерных взрывов, совершенно очевидно, что эти работы необходимо начинать. Это потребует привлечения большого числа специалистов самых разнообразных отраслей знания. Решение каждой задачи связано с широкими теоретическими и экспериментальными исследованиями. Следует подчеркнуть, что большой круг вопросов, связанных с проблемой применения взрывов, может быть решен расчетным путем и модельными экспериментами без производства ядерных взрывов.

По нашему мнению, было бы целесообразно для разработки программы по изучению возможностей использования ядерных взрывов в промышленных и научных целях создать правительственную комиссию, задачами которой было бы в кратчайший срок:

- изучить возможности использования взрывов и определить основные направления работы;
- выработать предложения по организации научно-исследовательских работ.

Возможно также решением правительства непосредственно возложить ответственность на вопросы невоенного использования ядерных взрывов на МСМ или Комитет по ИАЭ. КБ-11 может взять на себя разработку специальных зарядов, их испытания, а также принять участие в работе по задаче локализации многократных взрывов.

При проведении воздушных и подземных испытаний мы предлагаем произвести термоядерные взрывы с целью экспериментальной проверки возможности получения:

- плутония-239;
- урана-233;
- трансурановых элементов;
- новых, более далеких, чем калифорний, элементов.

По каждому из первых трех разделов предлагается произвести по одному воздушному и одному подземному взрывам. По последнему – один воздушный подрыв.

Необходимо также разработать и испытать термоядерный заряд, максимально чистый и экономичный для использования в горнодобывающей промышленности и строительстве».

5. О РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗАРЯДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

С середины пятидесятых годов в СССР систематически велись исследования по мирному использованию ядерных взрывов. Низкая стоимость ядерного заряда в сочетании с компактностью и возможностью получения практически любого заданного энергосодержания дает значительные преимущества при использовании ядерных взрывов вместо взрывов химических взрывчатых веществ при проведении многих мирных работ.

Казалось бы, для осуществления того или иного эксперимента по программе подземных ядерных взрывов в мирных целях можно взять готовый ядерный заряд из имеющегося военного арсенала. В ряде случаев так и было. Однако, зачастую возникали весьма специфические ситуации, которые исключали простое решение. Бывало, заряд требовалось опустить под землю на километровые глубины в скважину достаточно «скромного» диаметра, где имеют место высокие температуры и давления, а порой и химически агрессивная среда. Для экскавационных экспериментов и в некоторых других случаях требовались заряды повышенной «чистоты», исключающие радиационную опасность. Наконец, для «мирных» взрывов были необходимы заряды в очень широком диапа-

зоне мощности. Таким образом, требования ко многим «промышленным» ядерным зарядам значительно отличались от требований к зарядам «боевым».

Разработчики ядерного оружия с первых дней с воодушевлением включились в новую для себя работу.

Существенным препятствием для внедрения технологии является радиоактивность, образующаяся при ядерном взрыве. Поэтому в первую очередь решалась задача создания чистых промышленных ядерных зарядов. Решение этой сложнейшей проблемы изобиловало многими драматическими ситуациями. Потребовалось решение ряда тонких научных, технологических и человеческих проблем. Создание чистых термоядерных зарядов позволило получить уникальные экспериментальные данные, открывшие возможности создания с помощью ядерных взрывов котлованов, плотин, полостей для водохранилищ, для хранения больших количеств отходов производств, тушения газовых факелов.

Сочетание проектных проработок с возможностями созданных ядерных зарядов позволяло нашим ученым и специалистам решать при проведении каждого конкретного взрыва основную задачу: достижение технологической цели эксперимента при соблюдении требований радиационной и сейсмической безопасности и положений Московского договора от 5 августа 1963 года.

Высокие уровни температуры, плотности вещества и давления дали возможность использовать ядерные взрывы для исследований, имеющих общенаучную ценность.

В России идея зажигания термоядерного горючего путем его быстрого сжатия оболочкой впервые была выдвинута и теоретически обоснована в 1952–1956 годах А.С. Козыревым и Н.А. Поповым применительно к сжатию термоядерного горючего лайнером, который разгоняется с помощью химического взрывчатого вещества. Эти работы не связывались в то время с военным или мирным использованием ядерных взрывов. Они рассматривались как чисто научная задача.

В середине пятидесятых годов во ВНИИЭФ уже были получены термоядерные нейтроны при фокусировке образующейся от взрыва сферического заряда ВВ сходящейся ударной волны в твердом веществе, содержащем дейтерий и тритий. В шестидесятые годы были получены нейтроны из ДТ-газа, сжимаемого тяжелой оболочкой. Однако эти достижения также, как и получение в настоящее время термоядерных нейтронов в лазерных термоядерных мишенях, были далеки от решения проблемы зажигания термоядерного горючего путем его сжатия химическим ВВ. Дело в том, что при получении нейтронов в указанных экспериментах количество термоядерных реакций относительно мало, и выделившаяся энергия в реакциях на много порядков меньше внутренней энергии, внесенной при сжатии в вещество, рождающее эти нейтроны. Поэтому термоядерные реакции практически не влияли в этих экспериментах на температуру вещества.

Зажижением термоядерного горючего принято называть процесс, при котором энергия, выделяемая в термоядерных реакциях, существенно повышает температуру среды, то есть термоядерная энергия сравнима или превышает внутреннюю энергию, внесенную в термоядерное горючее при его сжатии. Как показала практика, реальное получение зажижения путем нагрева вещества при его сжатии оболочкой оказалось очень сложной проблемой. Физические причины этого были выяснены в работах по созданию в заряде термоядерного узла без делящихся материалов.

После появления мощных лазерных установок они также стали использоваться для решения этой задачи (известной под названием ЛТС – лазерный термоядерный синтез). Однако и здесь до сих пор не удалось решить задачу зажижения термоядерного материала.

В качестве одного из примеров предложений в этой области отметим, что в связи с проблемой создания «чистой» бомбы в 1957 году с предложением об интенсификации подобных исследований в КБ-11 вышли Я.Б. Зельдович и Н.А. Попов. Они отмечали, что ближайшей задачей должно явиться исследование термоядерной реакции в одном из макетов (без делящихся материалов) существующих зарядов, обеспечивающих высокие скорости движения оболочек. Программа работ должна была состоять из нескольких опытов по определению выхода нейтронов, образующихся при сжатии газообразного дейтерия, в зависимости от используемого количества дейтерия и от расположения газа, помещенного в тонкостенной оболочке того или иного радиуса. При этом отмечалась важность экспериментальных исследований, так как были неизвестны соотношения между расчетным и фактическим выходом нейтронов, потери, зависящие от асимметрии схождения оболочки. Применение в опытах дейтерия вместо ДТ-смеси полностью обеспечивало безопасность экспериментов, в

то время как расчетные количества нейтронов обеспечивали при этом возможность их регистрации. В качестве одного из аргументов актуальности такого направления работ приводилась ссылка на сообщения из США о возможности разработки «чистой» бомбы в срок от четырех до пяти лет.

Поэтому первым шагом в работах по чистым ядерным зарядам для мирного использования было создание термоядерного узла без делящихся материалов.

При этом исходную энергию для имплозии обеспечивал ядерный взрыв делящихся материалов первичного источника. Оптимизм в решении этой задачи был связан с тем, что в этом случае энергия для имплозии на несколько порядков превосходила энергию имплозии в химическом взрыве. Первоначально над решением этой задачи работали специалисты из НИИ-1011 (Снежинск). В течение 1958 года они три раза выходили на ядерные испытания с устройствами, в которых ожидалось термоядерное зажигание и во всех трех случаях эти устройства «отказывали».

В 1958 году по инициативе Ю.А. Трутнева к решению этой задачи присоединились специалисты КБ-11 (Саров). Для отработки процесса термоядерного зажигания было разработано специальное устройство («Золотой ТИС»), однако в связи с начавшимся мораторием испытать его тогда не удалось. Соавторами Ю.А. Трутнева в разработке физической схемы этого устройства были В.Б. Адамский, Ю.Н. Бабаев, В.Н. Мохов. В 1961 году в рамках более сложного проекта была предпринята попытка получить термоядерное зажигание, однако она не увенчалась успехом. Причина этих неудач была обусловлена недостаточно высокой степенью симметрии имплозии центрального ядра термоядерного горючего. В следующем проекте (возврат к неиспытанной системе 1958 года), которым руководил Ю.А. Трутнев, были предприняты все меры по обеспечению близкой к идеальной симметрии имплозии. Эта ювелирная работа привела к успеху, и в 1962 году в специальном устройстве задача реализации термоядерного зажигания была решена. Важное значение при реализации этого проекта имели исследования В.Н. Мохова. В последовавших за этим других натурных испытаниях этот успех был закреплен, и в итоге термоядерное зажигание обеспечило расчетное горение вторичного модуля с энерговыделением в 1 Мт. Эта работа также была выполнена под руководством Ю.А. Трутнева. Соавторами Ю.А. Трутнева в этой разработке были В.Б. Адамский, Ю.Н. Бабаев, В.Г. Заграфов и В.Н. Мохов.

Практическое решение задачи термоядерного зажигания имело исключительно важные последствия. Этот принцип нашел разнообразные применения при создании различных новых типов термоядерных зарядов от специальных устройств для использования ядерных взрывов в мирных целях до существенных военных применений.

С научной точки зрения, проведенные исследования также имели существенное значение для последующих работ, поскольку теоретически были получены условия, необходимые для зажигания термоядерного горючего. Полученные критерии определяли:

- необходимые запасы по зажиганию в симметричных расчетах, определяемые в виде интегрального соотношения, которое является обобщением критерия Лоусона для динамических систем. Критерий зажигания Лоусона $n \cdot \tau \geq 10^{14}$ сек/см³ при температуре порядка 10 кэВ получен для стационарной системы, в которой термоядерное ДТ-горючее в течение времени τ имеет плотность ионов n . Интегральный критерий зажигания и запасов по зажиганию является обобщением критерия Лоусона для нестационарных систем, в которых плотность ионов и их температура изменяются во времени;
- требования к симметрии сжатия тяжелой оболочкой термоядерного горючего на уровне сжатий его до 100 раз;
- необходимую точность расчетов физических процессов, определяющих зажигание термоядерного горючего;
- необходимость учета гравитационной турбулентности, зависящей от конкретной динамики сжатия слоистой системы и термоядерного горючего;
- возможные способы исправления начальной асимметрии сжатия слоистой системы.

В 1964 году ограниченная программа ядерных испытаний СССР (это был первый год после перехода на подземные испытания) насчитывала всего девять экспериментов. Из них два испытания были направлены на отработку первого промышленного заряда, предназначенного для проведения эквакционных работ. Этот заряд должен был обладать достаточно высокой «чистотой». Разработка

проводилась на конкурсной основе двумя ядерными центрами. Первым было проведено испытание заряда НИИ-1011, которое оказалось неудачным (в эксперименте произошло сильное снижение энерговыделения по сравнению с прогнозируемым значением). Вторым было испытание заряда КБ-11, которое, по условиям эксперимента, проводилось в неполномасштабном варианте. Это испытание подтвердило расчетные характеристики заряда, и после небольшой доработки именно он был использован в промышленном взрыве «Чаган». Чистый промышленный заряд первого поколения был создан коллективом автором: Ю.А. Трутнев, В.С. Лебедев, В.Н. Мохов, В.С. Пинаев.

В конструкции заряда были приняты меры для соответствующего уменьшения образующейся при взрыве наведенной радиоактивности от термоядерных нейтронов как на материалах заряда, так и в окружающей среде. Для уменьшения наведенной радиоактивности в конструкции заряда тщательно подбирались материалы, используемые в заряде, по их химическому составу и по физическим свойствам, которые должны обеспечивать работоспособность термоядерного узла и достаточно высокие качества заряда по энерговыделению.

Вследствие жестких требований к минимальному содержанию добавок и примесей сравнительно низкие технологические свойства таких материалов значительно осложняли работу конструкторов, вынужденных создавать новые подходы к обеспечению процесса сборки заряда и прочностных качеств. Для уменьшения радиоактивности грунта в термоядерном узле ставился слой, поглощающий нейтроны и одновременно улучшающий условия работы термоядерного узла.

Для дальнейшего увеличения чистоты заряда требовалось существенное уменьшение количества осколков деления в первичном источнике энергии заряда и создание устройства, обеспечивающего работу основного энерговыделяющего термоядерного узла при использовании такого первичного источника энергии. С научно-технической точки зрения это две существенно отличные задачи.

В 1965 году в НИИ-1011 для дальнейшего существенного повышения «чистоты» промышленных зарядов Ю.С. Вахромеевым и В.А. Кибардиным был разработан принципиально новый первичный модуль. Он был успешно испытан в 1965 году и послужил одной из основ дальнейшего развития промышленных зарядов. Этот заряд был впоследствии существенно модифицирован и позволял получать различные уровни энерговыделения. Он широко использовался при отработке промышленных зарядов высокой чистоты, созданных как во ВНИИТФ, так и во ВНИИЭФ, а также при проведении специальных физических экспериментов.

Однако энерговыделение этого первичного источника было намного меньше, чем это требовалось для реализации работы чистого термоядерного узла с энерговыделением порядка десятков и сотен килотонн тротилового эквивалента. Эта сложнейшая задача решалась параллельно во ВНИИЭФ и ВНИИТФ.

В 1966 году специалистами ВНИИТФ (Е.Н. Аврориным и Б.П. Мордвиновым) был разработан «чистый» промышленный заряд с использованием термоядерного модуля нового типа на принципе радиационной имплозии. Особенность его схемы позволяла обеспечивать регулирование энерговыделения в очень широких пределах в зависимости от потребности. Заряд был успешно испытан и эксперимент подтвердил реализацию уникальных особенностей его работы.

В 1966 году специалисты ВНИИЭФ под руководством Ю.А. Трутнева создали усовершенствованный вариант промышленного заряда (который ранее использовался в проекте «Чаган») с целью уменьшения активности, наведенной в грунте при захвате нейтронов. Этот заряд был успешно испытан в условиях неполномасштабного взрыва, определяемого условиями испытания.

В 1966 году для развития работ по чистым промышленным зарядам во ВНИИТФ Е.Н. Аврориным и Б.П. Мордвиновым была разработана специальная ядерная взрывная физическая установка, работа которой предоставила важную экспериментальную информацию об особенностях работы чистых термоядерных модулей. Эта установка была успешно испытана в 1967 году.

В 1968 году специалисты ВНИИЭФ под руководством Ю.А. Трутнева начали разработку нового варианта промышленного заряда высокой чистоты, который использовал первичный модуль разработки ВНИИТФ и многостадийную систему термоядерных модулей, тип которых восходил к термоядерному модулю промышленного взрыва «Чаган». Практическая реализация этой схемы потребовала многих усилий, которые увенчались успехом в 1971 году. В 1972 году было проведено успешное испытание промышленного заряда высокой чистоты с дальнейшим повышением уровня чистоты более чем в 10 раз, который объединил усилия обоих ядерных институтов (ВНИИТФ и

ВНИИЭФ) и использовал их достижения на пути реализации этого проекта с 1964 года. Разработкой проекта руководил во ВНИИТФ Е.Н. Аврорин, а во ВНИИЭФ – Ю.А. Трутнев.

В 1973 году было проведено успешное испытание аналогичного заряда, но с использованием другой системы термоядерных модулей, разработанного во ВНИИЭФ, которое завершило разработку, начатую в 1968 году. Ведущую роль в этой разработке играли Ю.А. Трутнев, В.Н. Мохов, А.В. Певницкий.

Исследования и разработки ряда институтов Министерства среднего машиностроения (ПромНИИПроект, ВНИИЭФ, ВНИИТФ и др.) показали перспективность использования ядерных взрывов на большой глубине для решения целого ряда практических мирных задач. К их числу относятся задачи сейсмического зондирования земной коры взрывами, интенсификация добычи полезных ископаемых, находящихся на большой глубине, тушение газовых и нефтяных факелов, создание полостей для захоронения вредных отходов различных производств и т.д. Для ряда таких работ меньшее значение может иметь количество образующейся радиоактивности, а в некоторых случаях, как например, при интенсификации добычи нефти и тушении факелов, важное значение имеет количество образующегося трития, так как в углеводородах радиоактивный тритий может замещать водород.

В подобных зарядах на первое место выходят такие требования к зарядному устройству, как малый диаметр, позволяющий опускать заряд в глубокие скважины малого диаметра, теплостойкость заряда, способного работать в условиях высокой температуры глубоких подземных слоев, и способность устройства выдерживать высокие давления.

Для тушения газового факела на месторождении Урта-Булак в Узбекистане специалисты ВНИИЭФ В.С. Лебедев и В.А. Разуваев разработали специальный промышленный заряд. Особенностью создания заряда было, с одной стороны, обеспечение небольшого диаметра, а с другой стороны, возможность реализации в нем различных уровней энерговыделения. Этот промышленный заряд использовался в дальнейшем (26 сентября 1969 года) для проведения работ по интенсификации выхода газа на месторождении Тахта-Кугульта в Ставропольском крае. При этом была успешно реализована возможность изменения (уменьшения) энерговыделения промышленного заряда. Дальнейшее применение этого промышленного заряда было связано с изучением возможностей новой площадки для проведения промышленных взрывов на полуострове Мангышлак. В этих целях 6 декабря 1969 года там был проведен камуфлетный взрыв этого же заряда с уровнем энерговыделения, аналогичным промышленному взрыву в Урта-Булак.

В 1967–1968 годах специалистами ВНИИТФ В.А. Бехтеревым, А.П. Васильевым и А.К. Хлебниковым был разработан специальный промышленный заряд малого диаметра, предназначенный для ликвидации аварийной утечки газа на месторождении Памук, Узбекистан. Эта работа была успешно выполнена, и после проведения промышленного взрыва 21 мая 1968 года аварийный выход газа был прекращен. Энерговыделение взрыва составило 47 кт. Разработка заряда производилась с учетом возможности изменения величины его энерговыделения.

22 октября 1971 года в Оренбургской области был произведен промышленный взрыв («Сапфир») с целью создания подземной полости в массиве каменной соли на Оренбургском газоконденсатном месторождении. Для проведения взрыва использовалась модификация заряда разработки ВНИИТФ, который использовался в опыте «Памук» в 1968 году. В соответствии с условиями эксперимента величина энерговыделения промышленного заряда была уменьшена в 3 раза. Этот же заряд с некоторой корректировкой был использован в промышленном взрыве «Кратер» 11 апреля 1972 года на Майском газовом месторождении (Туркменистан) для перекрытия скважины с аварийным выходом газа. В этих же целях он использовался 9 июля 1972 года в промышленном взрыве «Факел» в Харьковской области. В этом случае энерговыделение взрыва, по условиям безопасности, было уменьшено до 3,8 кт.

6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

6.1. Глубинное сейсмическое зондирование земной коры

Перспективным направлением изучения глубинного строения земной коры стало глубинное сейсмозондирование с использованием ядерных взрывов в качестве сейсмоисточника. Метод был основан на использовании мощного сейсмосигнала, отраженного от соответствующих пластов земной коры. Дальность регистрации сигнала от ядерного взрыва достигает 700 км, в то время как от обычного взрыва с химическим ВВ она составляет всего лишь 20 км. Принципиально новый метод геофизических исследований был предназначен для выявления перспективных регионов, содержащих нефть, газ и другие полезные ископаемые. С 1965 года в Министерстве геологии и МСМ были начаты опытно-методические исследования с целью разработки методики регистрации сейсмических волн, возбуждаемых подземными ядерными взрывами. При проведении мирных ядерных взрывов на газовых месторождениях Урта-Булак, Памук, Тахта-Кугульта, «Совхозное» и на Осинском нефтяном месторождении проводилась регистрация сейсмических сигналов на различных удаленных от места взрыва.

В результате исследований 1966–1970 годов был решен ряд методических вопросов, были получены сведения о глубинном строении некоторых районов, завершено аппаратное оформление технологии, а также решены различные организационные вопросы.

Созданная методика позволила за сравнительно короткие сроки провести региональные рекогносцировочные работы, на выполнение которых по обычной методике глубинного сейсмического зондирования понадобились бы многие годы и гораздо более значительные затраты труда.

При осуществлении технологии сейсмозондирования заряд (источник упругих колебаний) помещали в специально пробуренную скважину, глубиной от 500 до 1000 м, а сейсмические регистрирующие приборы, включаемые по радиосигналу, расставляли по профилю с помощью вертолетов. Протяженность профилей зондирования изменялась от 1500 до 4000 км, число взрывов на профиле составляло от 3 до 5 при расстоянии между ними от 500 до 900 км.

Основные технологические и методические требования к технологии ГСЗ предполагали:

- необходимость производства взрыва в строго заданное время, поскольку запуск станций для регистрации осуществлялся автономно по радиосигналу, а время работы сейсмостанций было ограничено;
- соблюдение заданной мощности взрыва, что было необходимо для интерпретации полученных результатов;
- соблюдение радиационной безопасности.

Радиационная безопасность обеспечивалась правильным выбором геолого-гидрологических условий проведения взрыва, глубиной и энергией взрыва, оптимальной конструкцией скважины и тщательным проведением изоляционных работ в процессе ее бурения. Отрицательные последствия сейсмического эффекта практически отсутствовали, так как работы проводились в малонаселенных районах, и размещение точек взрыва можно было достаточно широко варьировать, располагая их вдали от населенных пунктов.

Существенным преимуществом технологии глубинного сейсмозондирования, по сравнению с обычным методом, наряду с меньшей стоимостью, являлась возможность изучения строения огромных по протяженности профилей в короткое время.

В рамках комплексной программы Министерства геологии СССР и АН СССР по изучению геологического строения земной коры в период с 1971 по 1988 год было проведено 39 подземных ядерных взрывов на 14 профилях ГСЗ, суммарной протяженностью 70000 км. Кроме того, было исследовано два профиля ГСЗ при попутном использовании ПЯВ, проведенных для других целей.

Применение ГСЗ подтвердило наличие значительных количеств газовых и газоконденсатных месторождений, что определило большой экономический эффект применения ЯВ в этих целях.

6.2. Экскавационные ядерные взрывы

Программа мирного использования ядерных взрывов предусматривала создание с помощью ядерных взрывов широкой сети искусственных водоемов в засушливых районах юга страны. Необходимость этих работ была связана с проблемой снабжения водой ряда районов Семипалатинской, Кустанайской, Целиноградской, Павлодарской и Гурьевской областей. Многие сельскохозяйственные угодья этих областей находились в долинах рек, которые характеризуются непостоянным стоком.

Подземные ядерные взрывы на выброс по сравнению с камуфлетными взрывами было значительно сложнее осуществлять из-за трудностей в обеспечении радиационной безопасности. Исследование вопросов применения ядерных взрывов на выброс показало техническую возможность и экономическую целесообразность их проведения для создания различных водоемов (по оценкам и проектным проработкам конца 60-х годов, только для засушливых районов Казахстана требовалось создать до 40 водоемов общим объемом до 120–140 миллионов кубических метров), плотин для нужд энергетики и орошения, каналов для переброски части стока крупных северных рек на юг в целях восстановления уровня и предотвращения засоления таких важных внутренних водоемов, как Каспийское, Аральское и Азовское моря.

Изучение показало, что для аккумуляции весенних стоков в долинах рек можно создать емкости в виде глубоких воронок, способных принимать до 3–5 миллионов кубических метров воды при незначительном зеркале испарения. Задержанная с помощью воронок вода могла использоваться в хозяйственных целях в нужное время года.

С учетом особенностей применения ядерных взрывов, в первую очередь, было начато проектирование взрыва с выбросом грунта на реке Чаган в Семипалатинской области. Основным элементом водоема являлась глубокая воронка, располагаемая в пойме реки, которая создавалась с помощью ядерного взрыва на выброс. В образованном взрывом навале затем прокладывался канал, соединявший русло реки с воронкой. Канал строился или взрывами химических ВВ одновременно с ядерным взрывом, или после него обычными средствами строительной техники.

Взрыв в скважине 1004 в пойме реки Чаган был проведен 15 января 1965 года. Специально разработанный во ВНИИЭФ термоядерный заряд с энерговыделением 140 кт был взорван на глубине 178 м. К концу первых суток после взрыва мощность дозы гамма-излучения в воронке и на навале грунта составила 20–30 Р/ч. В районе предполагаемого канала и дамбы уровни радиации около 1 Р/ч наблюдались через 10 суток после взрыва (на расстоянии 400–500 м от его эпицентра). Примерно через месяц была выполнена разбивка трассы канала и были измерены уровни радиации на различных расстояниях от эпицентра взрыва. В эпицентральной зоне взрыва основной вклад в дозу гамма-излучения вносили радионуклиды наведенной активности.

Распределение мощностей доз излучения по мере удаления от эпицентра взрыва и закономерность их изменения во времени подсказывали простейшее инженерное решение – начинать работы по созданию канала в местах с более низкими уровнями излучения и относить на более поздний срок работу на участках, где уровни излучения были высокими. Кроме того, было установлено, что по мере снятия верхних слоев грунта с помощью бульдозеров содержание радионуклидов уменьшалось и при этом снижалась мощность дозы γ -излучения.

В результате взрыва образовалась воронка со следующими параметрами: диаметр воронки по начальной поверхности – 430 м; высота гребня навала 20–35 м; ширина навала от гребня воронки – 400 м; объем видимой воронки составил от гребня навала 10,3 миллиона кубических метров, от начальной поверхности – 6,4 миллиона кубических метров. В зоне навала грунта выпало 30–40% радионуклидов, образовавшихся при взрыве. Породы навала перекрыли реку, образовав взрывонабросную плотину. Для пропуска талых вод весной 1965 года русло реки соединили с воронкой каналом. В последующем, 1966 году, в левобережной части навала была построена каменно-земляная плотина с водопропускными сооружениями. Сооружение канала, плотины и водосбросов создало условия для образования водоема общей емкостью около 17 миллионов кубических метров, в том числе в воронке – 6,4 миллиона кубических метров. Внешний водоем использовался для разведения рыб и водопоя скота.

На объекте была установлена санитарно-защитная зона; радиационная обстановка периодически контролировалась службой радиационной безопасности полигона.

Взрыв на реке Чаган не был оптимальным для экскавационных ядерных взрывов, показатель выброса – отношение радиуса воронки к глубине заложения заряда – составил больше единицы; следствием был повышенный выход продуктов взрыва в атмосферу, небольшие выпадения радиоактивности были обнаружены и за пределами полигона.

В период с 1989 по 1991 год методами авиационной и наземной гамма-спектрометрии проводилось обследование зоны радиоактивного загрязнения вокруг озера Чаган. Было определено, что воронка характеризуется величиной мощности дозы около 1 мР/час. След от взрыва прослеживается в северо-западном направлении и фиксировался на удалении до 5–6 км от эпицентра с уровнем мощности дозы 15–25 мкР/час.

В 1968 году начались работы по отработке экскавационной технологии для прокладки каналов.

21 октября 1968 года на Семипалатинском полигоне был проведен промышленный взрыв «Телькем», целью которого было изучение экскавационного действия ядерного взрыва в целях прокладки канала. Для проведения взрыва был выбран ранее разработанный во ВНИИТФ заряд небольшой мощности. При уровне энерговыделения 0,24 кт и глубине заложения 31 м был произведен взрыв на выброс с образованием воронки диаметром 70–80 м и глубиной 20 м. 12 ноября 1968 года в этих же целях был проведен второй промышленный взрыв «Телькем-2» с одновременным подрывом трех ядерных зарядов, аналогичных использованному в опыте «Телькем». Заряды располагались вдоль одной линии с расстоянием между скважинами около 40 м. В результате взрыва образовалась выемка в виде траншеи длиной 140 м шириной 60–70 м и глубиной 16 м.

Взрыв «Телькем-2» проводился на Семипалатинском полигоне в 1968 году, как модельный, для получения параметров заложения группового взрыва из трех зарядов на трассе проектируемого канала Печора-Колва на севере Пермской области.

По механическому и сейсмическому действию модельные взрывы подтвердили расчетные параметры, и их результаты были использованы для проектирования группового экскавационного взрыва.

Опытно-промышленные работы по созданию траншейной выемки в условиях заболоченной местности проводились в Пермской области на трассе будущего Печоро-Колвинского канала. Необходимость строительства такого канала в то время разделялась многими учеными и обуславливалась значительным понижением уровня Каспийского моря (с 1935 по 1970 год – на 2,5 м).

Три ядерных заряда, с энерговыделением 15 кт каждый, были размещены в трех скважинах на глубине 127 м. Расстояние между скважинами составило 163–167 метров. Одновременный взрыв зарядов на объекте «Тайга» был осуществлен 23 марта 1971 года. В результате взрыва образовалась траншейная выемка длиной 700 м, шириной 340 м и глубиной от 10 до 15 м с устойчивыми бортами, с углом откоса 8–10 градусов. Окружающий траншею навал пород был образован за счет подъема и деформации поверхности земли и частично за счет выброшенного грунта.

Мощность дозы гамма-излучения на гребне навала, спустя 15 лет после взрыва, колебалась от 60 до 600 мкР/ч, над поверхностью водоема – до 50 мкР/ч. На объекте соблюдается режим санитарно-защитной зоны. За пределами санитарно-защитной зоны радиационная обстановка сохраняется на уровне естественного фона, объект периодически контролируется.

Как показали исследования, экскавационные ядерные взрывы были экономически оправданными, когда мощность одиночного заряда превышала 10 кт. При этом, однако, нельзя было гарантировать соблюдение Московского договора 1963 года, и дальнейшие работы по этой технологии были прекращены.

Выход радиоактивных продуктов подземного ядерного заряда наружного действия в атмосферу можно значительно снизить, если не допускать раскрытия «купола» во время взрыва. Этого можно достигнуть двумя путями.

Первый путь – заложение заряда на склоне горы в каньоне, когда, в результате разрыхления взрывом, порода скатывается по склону и образует набросную плотину, или же на ровной поверхности при помощи ядерного взрыва на вспучивание, когда нераскрывшийся купол горных пород после падения образует навал пород выше начальной поверхности, за счет разрыхления горных пород.

В этих целях 7 декабря 1974 года был проведен взрыв «Лазурит» в урочище Муржик Семипалатинского полигона на склоне крутизной 20 градусов. Заряд с энерговыделением 1,7 кт был взо-

рван в скважине на глубине 75 м, в результате взрыва на склоне образовался куполообразный навал раздробленной породы высотой 14 м и диаметром 200 м. Уровни радиации в момент и после взрыва были на 3–4 порядка ниже, чем при взрывах на выброс.

Взрыв «Кристалл» был проведен 2 октября 1974 года в Мирнинском районе Республики Саха (Якутия) с целью создания плотины хвостохранилища обогатительной фабрики. Заряд с энергосодержанием 1,7 кт был взорван в скважине на глубине 98 м. Через 3,5 секунды после взрыва подъем пород достиг максимальной высоты 60 м, с последующим оседанием без раскрытия купола. В результате взрыва на поверхности образовался навал, который представлял собой куполообразное возвышение диаметром 180 м и средней высотой 10 м. Проведенная в 1991 году гамма-бета-съемка вспученных пород и прилегающих территорий показала наличие на объекте естественного радиационного фона (9–15 мкР/ч). Только на одном ограниченном участке мощность экспозиционной дозы достигала 50–60 мкР/ч. После засыпки этого участка навала породами из карьера толщиной до 6 м уровни снизились до фоновых значений. Объект находится под периодическим наблюдением.

Второй путь – получение провальных воронок, для чего взрывы должны быть проведены на определенной приведенной глубине в слабых осадочных породах. Необходимых геологических условий для проведения таких взрывов на территории Семипалатинского полигона не было. Наиболее подходящие геологические условия для получения провальных воронок были на полуострове Мангышлак, где в 1969–1970 годах было проведено три взрыва. Провальная воронка при взрыве в скважине 2-Т имела глубину 13,8 м и радиус 150 м, а при взрыве в скважине 6-Т – глубину 12,8 м и радиус 250 м.

В 1990 году контрольные наблюдения в местах подземных ядерных взрывов на полуострове Мангышлак в скважинах 1-Т, 2-Т, 6-Т показали, что уровни радиации на дне воронок находятся на уровне естественного фона.

В рамках программы Plowshare в США также проводилась серия экскавационных экспериментов. Первый эксперимент этого типа Danny Boy был проведен 5 марта 1962 года. Заряд мощностью 0,43 кт был заложен на глубине 33 м. В результате взрыва образовалась воронка диаметром 65 метров и глубиной 21 м.

Второй эксперимент Sedan проводился 6 июля 1962 года. Энергосодержание заряда составляло 104 кт, а глубина заложения была 194 м. В результате взрыва был образован кратер диаметром 365 м и глубиной 97 м. Кроме того, в двух экспериментах 1968 года продолжалось исследование параметров образования кратеров, выхода радиоактивных продуктов и сейсмического воздействия. 26 января 1968 года был проведен опыт Cabriole с энергосодержанием в 2,3 кт и глубиной заложения в 52 м. Диаметр воронки составил 110 м, а ее глубина была 36 м. В декабре 1968 года было проведено испытание Schooner с энергосодержанием в 30 кт и глубиной заложения 107 м. В результате взрыва образовалась воронка диаметром 260 м и глубиной 73 м.

Применительно к отработке технологии протяженных экскавационных взрывов 12 марта 1968 года в США был проведен мирный ядерный эксперимент Buggy, который представлял собой одновременный подрыв цепочки из 5 ядерных зарядов с энергосодержанием в 1,1 кг каждый и глубиной заложения в 41 м. В результате взрыва образовалась траншея длиной 262 м, шириной 85 м и глубиной в 21 м. Легко обнаружить аналогию между экспериментами «Телькем-2» и Buggy.

В программе Plowshare США значительное место занимали проекты по созданию искусственных гаваней. Эти идеи восходят к результатам наземных испытаний мощных термоядерных зарядов Mike и Bravo на атоллах Эниветак и Бикини, в результате которых в коралловом грунте образовались огромные выемки диаметром около 2 км. Как отмечалось, одним из первых проектов Plowshare был проект создания искусственной гавани на побережье Аляски. Для его реализации предполагалось проведение одновременного взрыва четырех зарядов с энергосодержанием в 20 кт и пятого заряда с энергосодержанием в 200 кт.

В качестве международного проекта рассматривался вопрос о возможности создания искусственной гавани на северо-западном побережье Австралии. В одном из вариантов в этих целях предусматривалось размещение цепочки из пяти зарядов с энергосодержанием в 200 кт каждый на расстоянии около 300 м друг от друга и на глубине в 240 метров под морским дном. Одновременный взрыв должен был создать гавань длиной около 2 км, шириной в 400–500 м и глубиной в центре

около 60–120 м. По краям траншеи образовалась бы линия навала, которая возвышалась над уровнем моря на несколько десятков метров, и которая должна была защищать гавань от штормов.

6.3. Интенсификация добычи на нефтяных промыслах

В число приоритетных направлений исследований по программе мирного использования подземных ядерных взрывов в СССР входил поиск возможностей их применения в нефтегазодобывающей промышленности. В 1965 году в нашей стране впервые в мировой практике были осуществлены опытно-промышленные работы с применением ПЯВ в условиях действующего промысла на Грачевском нефтяном месторождении в Башкирии (объект «Бутан»). Здесь были проведены три взрыва небольшой мощности (от 2,3 до 8,0 кт).

Результаты опытных работ оказались положительными:

- были созданы и успешно испытаны специальные ядерные изделия, отработана техника и технология их спуска и подъема в глубоких стандартных скважинах;
- были определены критерии и доказана возможность безопасного проведения ПЯВ в условиях действующего нефтяного промысла;
- было достигнуто увеличение выхода нефти для стимулированных взрывом скважин промысла в 1,5–2,0 раза.

Успех на объекте «Бутан» способствовал дальнейшему расширению и развитию поисковых работ для различных месторождений нефти и газа.

В последующие годы, с 1968 по 1987 год, на шести объектах были проведены такие опытно-промышленные взрывы. В их число входят:

- объект «Бутан», где в 1980 году были опять проведены два взрыва с целью улучшения условий разработки месторождения;
- объект «Грифон» (1969 год) на Осинском месторождении;
- объект «Гелий» (1981–1987 годы) на Тяжском месторождении, аналогичный Грачевскому;
- объект «Ангара» (1980 год) на Еси-Еговском нефтяном месторождении (Западная Сибирь);
- объект «Бензол» (1985 год) на Средне-Балыкском месторождении (Западная Сибирь).

На большинстве указанных объектов ядерные взрывы осуществлялись в пределах толщ месторождения, исключение составляли объект «Грифон» и объект «Бензол», где взрывы были проведены под продуктивным нефтяным пластом.

Начиная с 1976 года, проводился крупномасштабный опытно-промышленный эксперимент с использованием ПЯВ для освоения запасов нефти и газа на Средне-Ботуобинском месторождении в Якутии, объекты «Ока», «Вятка», «Шексна», «Нева».

Согласно программе работ на Средне-Ботуобинском месторождении, после проведения восьми камуфлетных ядерных взрывов на площади 400 квадратных километров ожидался перевод в промышленные категории запасов нефти до 30 миллионов тонн и газа до 16 миллиардов кубических метров.

Все отмеченные ядерные взрывы были проведены без какого-либо общего радиоактивного загрязнения атмосферы или территории промыслов. Отмечался лишь незначительный и кратковременный выход радиоактивных газов через устья двух скважин в результате их неполной герметичности. Нефть из скважин на всех месторождениях, кроме «Осинского», в течение всего периода эксплуатации не содержала следов загрязнения радионуклидами.

С момента проведения взрывов и до конца 1976 года радиационная обстановка на опытной площади «Осинского» месторождения (объект «Грифон») не превышала фоновое значение. После проходки и освоения, по инициативе промысловиков и вопреки проекту, так называемой, «прокольной» скважины, в центральной зоне взрыва, началась миграция радионуклидов по нефтяной залежи и их незначительный вынос на поверхность. Однако, радиационная обстановка на опытной площадке не превышает предельно допустимых норм.

Результаты исследований и опытная эксплуатация месторождений, подвергнутых воздействию ядерных взрывов, позволили сделать следующий вывод. Работы в опытно-промышленных масштабах доказали возможность безопасного проведения ПЯВ на действующих нефтяных про-

мыслях без нанесения ущерба промышленным сооружениям и жилым строениям при полной радиационной безопасности обслуживающего персонала и населения при условии отсутствия нарушений проектных технологий и регламента эксплуатации промыслов.

Отметим, что ряд проектов программы Plowshare был направлен на стимулирование нефтяных и газовых месторождений. Проекты по стимулированию газовых месторождений были направлены на повышение проницаемости пород, заключавших газ. В рамках этого направления были проведены ядерные взрывы Gasbuggy (10 декабря 1967 года), Rulison (10 сентября 1969 года) и Rio Blanco (17 мая 1973 года). В первом взрыве ядерное устройство с энерговыделением в 29 кт размещалось на глубине в 1300 м вблизи нижнего слоя газоносной породы. Эксперимент был направлен на определение эффективности процесса стимулирования и определение содержания радиоактивности в газе. По его результатам была показана высокая эффективность использования ядерных взрывов для увеличения выхода газа из низкопроницаемых газовых пластов. Измерения также показали наличие в составе газа радиоактивности, уровень которой быстро спадал со временем.

В составе второго взрыва ядерное устройство мощностью в 47 кт было заложено на глубине 2580 м. Целью опыта было исследование возможности технологии стимулирования выхода газа из месторождений газа на больших глубинах и в других типах пород. Эксперимент оказался удовлетворительным и показал эффективность и безопасность технологии.

Третий эксперимент в этих целях представлял собой одновременный взрыв в одной скважине трех ядерных устройств с энерговыделением по 33 кт каждое.

Применение ядерных взрывных технологий для стимулирования добычи нефти рассматривалось в США применительно к месторождениям, в которых обычные способы извлечения нефти не действуют или неэффективны. Речь, прежде всего, шла о добыче нефти из подземных месторождений нефтеносных сланцев. В этом случае в толще нефтеносного слоя предполагалось создать ядерным взрывом зону дробления. Далее планировалось осуществить процесс частичного горения сланца с подачей в зону горения воздуха. При нагреве нефтеносных сланцев происходит разложение содержащихся в них нефтепродуктов и их переход в извлекаемые газообразные и жидкие углеводороды, откачиваемые из месторождений обычными технологиями. По результатам проработки было оценено, что заряд с энерговыделением в 50 кт был способен перевести в состояние, пригодное для разработки, около миллиона тонн нефтеносных сланцев. Проект не был практически реализован.

6.4. Тушение и ликвидация неуправляемых газовых фонтанов

Тушение неуправляемых аварийных газовых фонтанов с помощью подземных ядерных взрывов является одним из важных способов мирного применения ядерного взрыва. Суть метода состоит в том, что в результате механического действия взрыва заряда, размещенного в наклонной к аварийному стволу скважине, происходит смещение массива пород, достаточное для полного перекрытия ствола скважины.

На Урта-Булакском газовом месторождении Узбекской республики в процессе бурения был вскрыт газовый пласт с аномальным давлением в 300 атм. 1 декабря 1963 года при бурении произошёл аварийный выброс газа, который содержал большое количество сероводорода. Возникший пожар и агрессивная среда быстро разрушили устьевое оборудование скважины.

В течение почти трех лет фонтан безуспешно пытались ликвидировать всеми известными в практике нефтяной и газовой промышленности способами, для чего были пробурены три специальных глубоких скважины. Неудача операций по тушению пожара объяснялась следующими причинами: сложной обстановкой на устье аварийной скважины, неопределенностью пространственного положения ее ствола, большой мощностью фонтана.

По оценке специалистов, аварийный выход скважины превышал 12 миллионов кубических метров газа в сутки, и этого количества газа было бы достаточно для снабжения такого города, как Ленинград.

В соответствии с поручением Совета Министров от 19 декабря 1965 года МСМ и Министерством геологии была изучена возможность ликвидации газового фонтана на Урта-Булакском месторождении за счет производства камуфлетного ядерного взрыва и была выбрана рациональная глубина перекрытия ствола аварийной скважины.

В соответствии с указанием Министра среднего машиностроения Е.П. Славского, институтом ВНИПИпромтехнологии было разработано научное обоснование, а затем и проект на проведение работ. Председателем Государственной комиссии был назначен Е.А. Негин – главный конструктор ВНИИЭФ.

Взрыв был осуществлен в 9 часов утра по московскому времени 30 сентября 1966 года в присутствии министра Е.П. Славского.

Выход газа из ствола аварийной скважины прекратился полностью через 22–23 секунды после взрыва, и факел погас. Выхода радиоактивных продуктов на поверхность и в стволы пробуренных на месторождении скважин не было.

Таким образом, в результате подготовленного и осуществленного взрыва был полностью ликвидирован открытый газовый фонтан на Урта-Булакском месторождении без каких-либо осложнений для его дальнейшей промышленной разработки. На ликвидацию фонтана было затрачено 270 дней вместо трех безуспешных лет предыдущих работ и были сэкономлены миллиарды кубометров природного газа.

В дальнейшем с помощью этого метода были проведены работы на трех объектах:

- газовое месторождение Памук, Узбекская ССР, 21 мая 1968 года;
- газовое месторождение Майское, Туркменская ССР, 11 апреля 1972 года;
- газовое месторождение Крестищи, Украинская ССР, 9 июля 1972 года.

Фонтан на Кумжинском газовом месторождении Архангельской области, объект «Пирит», из-за отсутствия четких и точных геологических и геофизических материалов о местонахождении аварийной скважины, не удалось ликвидировать рассматриваемым методом.

6.5. Создание подземных полостей для различного использования

Интенсивное развитие газовой, нефтяной, химической и нефтеперерабатывающей промышленности потребовало расширения в стране парка резервуаров. Недостаток емкостей для нужд промышленности особенно остро ощущался в 60-е годы, когда началось освоение крупных газоконденсатных месторождений. Резервуарные парки необходимо было создавать непосредственно на промыслах, вблизи газопроводов, промышленных и гражданских объектов.

Существовавшие традиционные способы строительства резервуаров не позволяли быстро удовлетворять растущий спрос на емкости высокого давления. Строительство наземных стальных резервуаров требовало большого количества металла при высокой стоимости строительно-монтажных работ, отвода больших площадей для их размещения и дорогостоящих мероприятий по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности. Шахтный способ создания подземных емкостей требовал значительных капитальных затрат и времени для их сооружения. Метод размыва камер в отложениях каменной соли водой имел ограниченные возможности из-за большой продолжительности процесса и превращения больших объемов пресной воды в биологически вредные рассолы, которые подлежали захоронению.

Для отработки этой технологии 22 апреля 1966 года на площадке Азгир на глубине 161 м был проведен эксперимент «А-I» мощностью 1,1 кт в соли. Этот взрыв был аналогичен американскому взрыву Gnome (10 декабря 1961 года) мощностью 3 кт. Второй взрыв «А-II», с энерговыделением 27 кт, был произведен 1 июля 1968 года на глубине 590 м в том же самом соляном куполе. Образовалась устойчивая полость, которая до настоящего времени не обрушилась. Объем полости равен 150 000 кубических метров. Полость «А-I» заполнилась водой через трещины с поверхности земли, а полость «А-II» – через скважину, по которой осуществлялся спуск заряда. Оба эксперимента явились важными шагами в разработке способов создания подземных полостей для хранения природного газа и газоконденсата.

Первый взрыв с целью получения опытной емкости был проведен на месторождении «Совхозное» Оренбургской области 25 июня 1970 года. При его проведении было исключено отрицательное влияние на действующий промысел и находившиеся недалеко промышленные и гражданские сооружения. Полость объемом 11 000 кубических метров была создана на глубине 702 м в мас-

сиве каменной соли. Спустя несколько месяцев, емкость была вскрыта через зарядную скважину. Полость эксплуатировалась в течение 11 лет, и в 1993 году начаты работы по ее консервации.

За период с 1970 по 1984 год на трех крупнейших газоконденсатных месторождениях страны – Оренбургском, Астраханском, Карачаганакском (с суммарной добычей газа свыше 60 миллиардов кубических метров в год, газоконденсата – 8,6 миллионов тонн в год и серы – 5,3 миллиона тонн в год) – было сооружено с использованием ядерных взрывов три крупных парка подземных резервуаров в каменной соли.

Проведение промышленных ядерных взрывов в залежах каменной соли позволило получить следующие важные результаты:

- в течение 20 лет эксплуатировались в качестве хранилищ газоконденсата два резервуара на Оренбургском месторождении, позволившие предотвратить безвозвратные потери свыше 2 миллионов тонн ценного нефтепродукта;
- впервые в мире было создано шесть хранилищ с объемом 200 000 кубических метров;
- был обеспечен пуск Астраханского газо-химического комплекса без потери газоконденсата за счет использования девяти резервуаров для складирования газоконденсатной смеси;
- был завершён ввод в эксплуатацию на Карачаганакском газоконденсатном комплексе пяти резервуаров с использованием их в технологических целях для сепарации газа, с ежегодным получением в каждом резервуаре около миллиарда кубических метров кондиционного газа и 500 000 тонн газоконденсата;
- была доказана возможность хранения в созданных резервуарах газа под давлением 140 атм без утечек;
- был подтвержден прогноз, в соответствии с которым исключалось загрязнение хранимого газового конденсата радионуклидами.

Опыт создания и эксплуатации емкостей свидетельствовал о необходимости обеспечения высокого качества работ и культуры производства на всех этапах и строгого соблюдения проектных решений; в противном случае были неизбежны преждевременные потери полезных объемов емкостей.

Еще одним направлением реального применения энергии подземного ядерного взрыва являлся способ захоронения биологически вредных промышленных стоков в глубокозалегающие геологические формации. С помощью подземного взрыва увеличивалась площадь (зона) фильтрации, что позволяло резко увеличить производительность скважин, по которым сточные воды закачивались глубоко в недра. Полость взрыва и столб обрушения вместе с зоной трещиноватости являлись той зоной фильтрации, через которую поступали промышленные стоки.

На Стерлитамакском содовоцементном комбинате объем сточных вод составлял примерно 60 000 кубических метров в сутки. Для создания условий по их ликвидации 20 октября 1973 года был проведен специальный промышленный ядерный взрыв на объекте «Кама», и с 1976 года был введен в эксплуатацию полигон подземного захоронения биологически вредных промышленных стоков. За четырнадцатилетний период функционирования полигона в глубокозалегающие изолированные горизонты было закачано более 20 миллионов кубических метров промышленных стоков с общим содержанием свыше 1000 тонн взвешенных твердых частиц (0,05 г/литр).

Промышленные стоки, захораниваемые на этом объекте, обладали высокой токсичностью и не поддавались известным способам очистки; они отличались высоким содержанием взвешенных частиц, которые содержали смолистые вещества. Захоронение таких промышленных стоков через обычные скважины практически полностью исключалось.

Технологический процесс подземного захоронения промышленных стоков через скважины постоянно контролировался посредством проведения соответствующих геофизических измерений в наблюдательных скважинах. Наблюдения за состоянием водоносных горизонтов на объектах «Кама-1» и «Кама-2», показали, что проникновение в эти горизонты закачиваемых промстоков не наблюдается.

Этот способ подземного захоронения промышленных стоков имел широкие перспективы для внедрения. Исследования показали, что геологическое строение больших территорий Российской Федерации благоприятно для сооружения аналогичных объектов при глубинах залегания поглощающих горизонтов 1000–2000 м. Это прежде всего относится к значительной территории Европейской части (Поволжье, Рязанская, Оренбургская области) и многим районам Сибири.

6.6. Ядерно-взрывная наработка изотопов

Как отмечалось выше, еще в 50-е годы возник интерес к использованию нейтронов ядерного взрыва для получения различных изотопов путем воздействия нейтронов на мишени, размещенные в ядерном заряде или вблизи заряда. Возможны три вида воздействия нейтрона на мишень:

- отрыв нейтрона от ядер мишени за счет реакции $(n,2n)$;
- однократный захват нейтронов ядрами мишени;
- многократный захват нейтронов одним ядром.

В качестве мишеней рассматривались ядра Th-232 и U-238. В первом процессе возникают ядра Th-231 и U-237, которые путем бета-распада переходят в Pa-231 и Np-237. Во втором процессе получаются изотопы Pa-233 и Np-239, переходящие в делящиеся вещества U-233 и Pu-239. В третьем процессе на мишени из U-238 образуется целый спектр трансурановых элементов.

Производство изотопов за счет активации специально заложенных стартовых элементов нейтронами, нарабатываемыми в процессе ядерного (термоядерного) взрыва, определяется целым рядом факторов:

- уровнем нейтронного потока и его спектром в месте расположения стартовых элементов;
- эффективными сечениями активации стартовых элементов;
- количеством заложенных стартовых элементов.

Наиболее простая, с точки зрения анализа, модель наработки изотопов включает в себя систему из взрывного устройства (ядерного или термоядерного), окруженную модулем, содержащим стартовые элементы. При этом система должна включать специальные слои из замедлителя нейтронов, в состав которого также могут входить стартовые элементы.

Характеристикой эффективности подобной системы является, с одной стороны, отношение количества наработанных изотопов к энерговыделению взрыва, а с другой стороны, отношение количества наработанных изотопов к количеству заложенных стартовых элементов. При рассмотрении конкретных проектов существенное значение могут играть вопросы стоимости (дефицитности) используемых в проекте материалов (в том числе в составе зарядного устройства), проблемы обеспечения экологической безопасности и вопросы извлечения и переработки продуктов взрыва.

Одной из характеристик рассматриваемых устройств является количество нейтронов, нарабатываемых во взрыве, отнесенное к мощности взрыва.

Для ядерных взрывных устройств это отношение $\delta = (v-1) \cdot N_{fs}/N_{fs} = v - 1$, где N_{fs} – количество делений в системе; v – количество нейтронов, образующихся при делении ядра (при этом мы пренебрегли процессом n -захвата на ядрах изотопов, входящих в состав ядерного взрывного устройства). Для характерного значения энергий нейтрона $E_n = 1$ МэВ величина $(v-1)$ для некоторых делящихся изотопов приведена в таблице. Здесь же приведены абсолютные значения наработки нейтронов q_n в таком устройстве на единицу энерговыделения взрыва в 1 кт (10^{12} калорий). Эти величины представляют собой максимальную оценку, поскольку часть нейтронов будет поглощена внутри зарядного устройства.

Таблица 5.5. Характеристики нейтронного выхода при делении основных изотопов

Изотопы	U-233	U-235	Pu-239
$v-1$	1,58	1,52	2,01
$q_n \cdot 10^{-23}$	2,42	2,33	3,08

В качестве верхней оценки характеристик нейтронного спектра ядерного устройства может быть принят спектр деления, хотя в реальных условиях он будет смягчен вследствие процессов упругого и неупругого взаимодействия нейтронов с материалами устройства. Рождение одного нейтрона в реакции деления сопровождается выделением энергии в (75–110) МэВ.

Для термоядерного взрывного устройства наработки нейтронов определяются совокупностью термоядерных реакций и нейтронных реакций:

двумя каналами первичной реакции:

- 1) $D + D \rightarrow He-3 + n + 3,27 \text{ МэВ}$ (из них $E_n = 2,45 \text{ МэВ}$);
- 2) $D + D \rightarrow H + T + 4,03 \text{ МэВ}$

и вторичными реакциями:

- 3) $T + D \rightarrow He-4 + n + 17,6 \text{ МэВ}$ (из них $E_n = 14,08 \text{ МэВ}$),
- 4) $He-3 + D \rightarrow He-4 + p + 18,4 \text{ МэВ}$,

а также нейтронной реакцией:

- 5) $He-3 + n \rightarrow T + p + 0,74 \text{ МэВ}$.

При учете четырех каналов сгорает шесть ядер дейтерия, образуются два нейтрона, и выделяется энергия 43,2 МэВ. Реакция $He-3 + D$ идет менее интенсивно по сравнению с другими реакциями из-за более высокого кулоновского барьера. При ее исключении из рассмотрения и использовании только первых трех реакций сгорает пять ядер дейтерия, образуются два нейтрона, и выделяется энергия 24,9 МэВ. Таким образом, рождение одного нейтрона сопровождается в этих случаях выделением энергии в (21,6–12,5) МэВ.

Если в ядерном горючем присутствует $Li-6$, то существенной является реакция:

- 6) $Li-6 + n \rightarrow T + He-4 + 4,76 \text{ МэВ}$.

Качество конструкции взрывного устройства, предназначенного для наработки тех или иных изотопов, определяется тем, насколько полно удалось использовать нейтроны, рожденные в термоядерной реакции, для преобразования ядер исходного стартового вещества в ядра тех изотопов, получение которых и является целью взрыва. Оказывается, что цели, перечисленные выше, предъявляют различные требования к термоядерным устройствам, которые направлены на их реализацию.

Эксперименты по многократному захвату нейтронов проводились как в США, так и в СССР на Семипалатинском полигоне. Параметром, определяющим этот процесс, является поток

$$Q = \int_0^{\infty} n v dt, \text{ где } n - \text{нейтронная плотность, } v - \text{скорость термализованных, то есть находящихся в}$$

тепловом равновесии со средой нейтронов, t – время. От достигнутого флюэнса наиболее сильно зависит максимальное число нейтронов, которые могут захватить ядра стартового вещества. В последнем опыте, проведенном в этих целях в США (Hutch, 1969 год), нейтронный поток достиг $2,4 \cdot 10^{25}$ нейтронов на квадратный сантиметр. Последним синтезированным изотопом в этой опыте был $Fm-257$, который образуется в результате 19 захватов на стартовом ядре $U-238$. Захватывая нейтроны, стартовое ядро наращивает массу. Проходя через последовательные уровни масс, ядро испытывает деления, которые не дают возможность неограниченного увеличения массового числа и превышения массы $m = 257$. Деление, ставящее предел наращиванию массового числа происходит не только под действием нейтронов. Процессом распада, препятствующим даже кратковременному существованию более тяжелых массовых чисел, больших, чем 257, является спонтанное деление. Если для изотопа $U-238$ период полураспада составляет приблизительно 10^{14} лет, то для больших массовых чисел он значительно сокращается. Например, для $Cf-254$ период полураспада составляет 55 суток. Для более тяжелых изотопов период полураспада по отношению к спонтанному делению еще короче. Он не дает возможности идентифицировать такие изотопы. В СССР был произведен один эксперимент по этой программе под названием «Зонд». Опыт был проведен в штольне на Семипалатинском полигоне 29 июня 1966 года. В результате взрыва специального устройства был достигнут нейтронный поток $2,7 \cdot 10^{24} \text{ см}^{-2}$, что находится на уровне американского эксперимента Cuslamen. В качестве стартового вещества, кроме $U-238$, присутствовал $Am-243$. В этом эксперименте, благодаря специальным мерам, удалось получить радиохимические пробы довольно быстро, через несколько часов после взрыва.

Первые специальные экспериментальные исследования наработки трансурановых элементов во взрывах ядерных и термоядерных устройств проводились в 1957 году. Весной 1957 года было

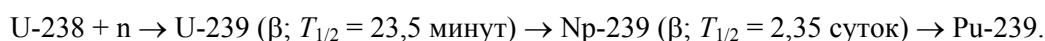
проведено 6 воздушных ядерных взрывов; в том числе 2 мощных ядерных взрыва. Характеристики этих ядерных испытаний приведены в таблице 5.6.

Одним из видов исследований в этих ядерных испытаниях были радиохимические измерения наработки β -активности высокоактивных трансурановых радионуклидов в сравнении с наработкой β -активности радионуклида Mo-99 из продуктов деления. Эти исследования позволили экспериментально определить наработку в ядерных взрывах различного типа таких радионуклидов, как Pu-239, Pu-240 и Np-237.

Таблица 5.6. Характеристики специальных ядерных испытаний по наработке трансурановых элементов

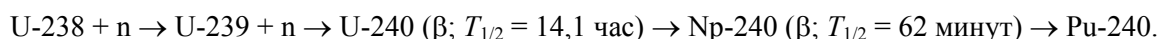
Испытание	1	2	3	4	5	6
Дата	08.03.57	03.04.57	06.04.57	10.04.57	12.04.57	16.04.57
Е, кт	19	42	57	680	22	320

Наработка Pu-239 происходит при нейтронном захвате на стартовых ядрах U-238 по схеме:



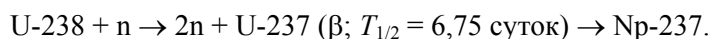
Наработка Pu-239 может быть определена, исходя из определения активности промежуточного ядра Np-239, обладающего достаточно большим временем жизни для проведения радиохимических работ, в сравнении с наработкой активности эталонного изотопа, непосредственно связанного с энерговыделением заряда, то есть с характерным радионуклидом продуктов деления.

Наработка Pu-240 происходит при последовательном двукратном нейтронном захвате на стартовых ядрах U-238 по схеме:



Наработка Pu-240 может быть оценена подобно оценке наработки Pu-239, исходя из относительной доли β -активности достаточно долгоживущего промежуточного радионуклида U-240.

Наработка Np-237 происходит при нейтронной активации стартовых ядер U-238 в реакции (n,2n) на термоядерных нейтронах по схеме:



Наработка Np-237 может быть оценена рассматриваемым способом, исходя из относительной доли β -активности достаточно долгоживущего радионуклида U-237.

Вполне реальной задачей является конструирование устройства для реализации отрыва нейтронов. Для этого необходимо выпускать нейтроны с максимально возможной энергией, близкой к той, с которой они рождаются, то есть 14,1 МэВ. Это достигается тогда, когда слои термоядерного горючего оказываются достаточно тонкими и родившиеся нейтроны с энергией 14,1 МэВ достигают стартового вещества с минимальными потерями своей энергии и не теряют способности осуществлять отрыв нейтрона. 22 декабря 1971 года на площадке «Галит» был проведен термоядерный взрыв с энерговыделением 64 кт. Его задачей было создание сухой полости большого диаметра и наработка во взрыве Pa-231 и U-233 на стартовом изотопе Th-232. В результате взрыва была создана полость объемом 200 000 кубических метров, а по результатам анализа радиохимических проб было подтверждено, что в эксперименте было наработано 0,5 кг Pa-231 и 2,5 кг U-233.

Однократный захват нейтронов приводит к образованию делящихся веществ U-233 и Pu-239. В этом процессе можно добиться использования нейтронов почти без потерь, если не стремиться экономить сравнительно дешевое стартовое вещество Th-232 и U-238. Окружив зону протекания термоядерной реакции достаточно толстым слоем стартового вещества, можно предотвратить потерю нейтронов из-за их вылета. По этому направлению тоже был проведен один взрывной эксперимент мощностью 60 кт. В этом эксперименте было наработано примерно 15 кг Pu-239, что составляет 0,25 кг/кт. Эта величина всего в два раза меньше теоретически достижимой 0,5 кг/кт.

Отметим, что взрывная наработка делящихся изотопов рассматривалась в это время в контексте проблемы интенсивного развития ядерной энергетики на основе реакторов-размножителей на быстрых нейтронах. Для этого было необходимо обеспечить значительное количество базового материала – плутония-239.

6.7. Использование технологии создания полостей в каменной соли для решения задачи наработки изотопов

Если производить эти изотопы путем ядерного взрыва с целью получения не только индикаторных, но и промышленных количеств, то необходимо предусмотреть способ добычи наработанных во взрыве веществ. Одним из вариантов, предложенных Ю.Н. Бабаевым и Ю.А. Трутневым, была локализация продуктов взрыва в стальной камере, и после проведения в ней серии взрывов – извлечение наработанного продукта. Другим направлением было производство подземных взрывов в такой среде, чтобы потом было возможно их химическое извлечение. При подземном взрыве полезные продукты перемешиваются с расплавленной взрывом породой. Если это силикатная, то есть нерастворимая порода, то извлечение перемешанных с ней продуктов в большом масштабе практически недоступно. На это обратили внимание в Радиевом институте А.С. Кривохатский, а во ВНИИЭФ Ю.С. Замятин. Наиболее благоприятной средой для такого рода работ представлялась каменная соль, что было подтверждено опубликованием результатов исследования продуктов американского взрыва Gnome. В этом случае, по данным Радиевого института, происходит естественное обогащение продукта примерно в 100 раз, так как в соли водонерастворимые примеси-носители продуктов взрыва содержатся в количестве всего 1–2%. Растворение соли приводит к выделению осадка и тем самым к обогащению целевого продукта. Отделение продуктов взрыва от водонерастворимого осадка также не является принципиально сложной задачей.

После прекращения воздушных испытаний и перехода на подземные испытания встал вопрос о проведении калибровочного испытания в каменной соли.

В качестве экспериментальной площадки «А» – Радиевым институтом (А.С. Кривохатский, Д.С. Николаев) был предложен соляной купол Большой Азгир, расположенный на западной окраине Прикаспийской соленосной провинции. Экспериментальные взрывы на этой площадке производились ВНИИЭФ совместно с институтом ВНИИПромтехнология, ответственным за горную часть работ, и Радиевым институтом, ответственным за химические и радиохимические части эксперимента. Экспериментальная площадка получила название «Галит».

Калибровочный взрыв «А-I» стандартного заряда небольшого энерговыделения 1,1 кт был проведен 22 апреля 1966 года на глубине 160 м. Образовалась полость, но сеть трещин, возникших вокруг полости, соединилась с водоносным горизонтом. Полость быстро заполнилась водой вследствие малой глубины заложения заряда и размещения точки взрыва вблизи края соляного купола. В этой полости ВНИИПромтехнологии и Радиевым институтом велись работы по опробованию методов добычи донного осадка, содержащего продукты взрыва. Был смонтирован гидроподъемный модуль, поднимавший донный осадок на поверхность, который пропускать затем через цепочку аппаратов, в которых проводилось растворение, осаждение нерастворимых частиц, отделение от них актинидов и другие обогатительные операции. Всего было добыто и переработано около 2 тонн соли из донной линзы. Небольшая доля осадка была пропущена через всю разделительную цепочку, и было получено символическое количество плутония. Это был, конечно, не наработанный плутоний, а часть того вещества, которое было заложено в ядерный заряд.

Следующий эксперимент «А-II» был проведен 1 июля 1968 года на глубине 590 м. Его мощность (27 кт) была значительно больше первого. Объем полости составил порядка 150 000 кубических метров. Специальных мер для изоляции полости от водоносных горизонтов предпринято не было, и она заполнилась, как и предыдущая, водой в течение недели.

В залитой водой полости «А-II» в течение 1975–1979 годов была проведена серия из шести взрывных экспериментов мощностью в диапазоне 0,01–0,5 кт. К этому времени сформировалась концепция, согласно которой для получения больших количеств наработанных во взрывах веществ было необходимо проведение многократных взрывов в одной полости с тем, чтобы актиниды, нара-

ботанные во взрыве, накапливались на дне полости, и их добыча велась после проведения серии взрывов и накопления определенного количества полезных продуктов. Для того чтобы предотвратить накопление расплава, взрывы предполагалось проводить в частично заполненной водой полости. Вода являлась рабочим телом, которое поглощало тепло, выделяемое при взрыве.

Цель экспериментов малой мощности в воде состояла в том, чтобы изучить распределение актиноидов в водной среде и отработать способы их химического отделения и добычи. Кроме того, серия взрывов позволяла вести отработку способов быстрого входа в полость после очередного взрыва и сокращения интервала между взрывами. Наименьший достигнутый интервал составлял 16 суток.

Первая «сухая» полость небольшого объема была получена вне площадки «Галит», на промысле «Совхозное». Устойчивость полостей в каменной соли и возможность получения сухих полостей позволили переориентироваться на многократные взрывы, используя полость, как камеру для производства таких взрывов. Добыча при этом должна была производиться после завершения серии взрывов при накоплении относительно большого количества полезного продукта.

Третий взрыв, произведенный на площадке Азгир 22 декабря 1971 года, был направлен на получение сухой полости большого размера и проверку возможности получения во взрыве Pa-231 и U-233. Были приняты специальные технологические меры для предотвращения попадания в полость воды. Для большей надежности глубина, на которой проводился взрыв, была выбрана 1000 м. В дальнейшем такая глубина была принята в качестве рабочей для большинства взрывов. Образовавшаяся сухая полость имела объем около 200000 кубических метров. Пробы донного осадка подтвердили образование Pa-231 в количестве 0,5 кг и U-233 в количестве 2,5 кг.

Можно сказать, что таким образом было создано единственное на Земле искусственное месторождение протактиния (находящийся в радиоактивном равновесии с ураном-235 протактиний содержится в урановых рудах в отношении $0,35 \cdot 10^{-6}$ к природному урану).

В марте 1976 года в сухой полости взрыва «А-III» был проведен повторный взрыв «А-III-2».

29 июля 1976 года был произведен взрыв «А-IV» на той же глубине 1000 м, что и третий взрыв в 1971 году. Его цель состояла в проверке наработки плутония при взрыве. Исследования полости и донного осадка, проведенные после вскрытия полости, показали, что актиниды располагаются в тонком слое на дне линзы расплава. В процессе остывания полости, заполненной парами соли и испаренными конструкционными материалами заряда, происходит сначала конденсация более тугоплавких металлов, входящих в состав заряда. Эти новообразованные частицы выстилают дно полости, заполненное жидкой солью. Соль застывает и образует линзу, имеющую форму сегмента и включающую тонкий слой концентрата актинидов. При взрыве было наработано около 15 кг Pu-239.

30 сентября 1977 года был произведен взрыв «А-V» на глубине 1500 м. Цель этого взрыва состояла в оценке конвергенции полости на этой глубине, то есть сокращения ее объема под воздействием литостатического давления. Энерговыделение было небольшим (10 кт) и, соответственно, был небольшим объем полости. Она была специально заполнена водой, и по выходу воды из скважины определялась скорость сокращения объема, составлявшая приблизительно 0,2 кубических метров в сутки.

Впоследствии, на основании полученных результатов, рассматривался вопрос об использовании полостей на площадке «Галит» для захоронения радиоактивных отходов, в частности, отходов АЭС России и Казахстана.

6.8. О возможности использования ядерно-взрывных технологий для решения глобальных экологических проблем современной цивилизации

Хотя многие виды ядерных взрывных технологий были достаточно развиты и некоторые из них получили практическое применение, некоторые предложения появились непосредственно перед окончанием ядерных испытаний СССР и не были практически реализованы. В то же время они представляют несомненный интерес, поскольку эти технологии были направлены на решение глобальных проблем ликвидации ОМУ и важных экологических вопросов. Поскольку не исключено, что жизнь требует эти возможности, мы приведем здесь описание некоторых особенностей этих проектов.

Одна группа вопросов была связана с тем, что в конце 80-х годов реально встала задача уничтожения химического оружия, и это было закреплено в 1993 году в рамках Конвенции по уничтожению химического оружия (ХО), членом которой является Россия. Предполагалось, что основным технологическим способом уничтожения ХО будут заводские технологии, предусматривающие разборку ХБП, детоксикацию ОВ (термическую, химическую) и захоронение отходов процесса уничтожения. Уже тогда были хорошо известны как необходимость крупных средств на реализацию такой программы (около 12 миллиардов долларов для уничтожения ХО США), так и экологические и социальные проблемы, связанные с неприятием ее общественностью. Руководство химических войск было заинтересовано в поиске и исследовании возможностей альтернативных технологий уничтожения ХО, в том числе с использованием ядерных взрывов, и в начале 1990 года начальник химических войск С.В. Петров обратился с таким запросом в Минатом. В период с 1990 по 1992 год был выполнен значительный объем исследований, который показал принципиальную возможность использования ОЯТ в этих целях. Из этих работ следовало, что весь объем ХО СССР мог быть уничтожен при использовании ЯВТ в течение примерно 10 лет и при затратах в 10 раз меньше, чем требовали заводские технологии. Хотя первый демонстрационный эксперимент в этих целях был практически сразу же запланирован руководством Минатома (В.Н. Михайлов) для проведения на Северном испытательном полигоне в 1991 году, провести его не удалось из-за моратория на ядерные испытания. Как известно, сейчас, спустя 12 лет, заводскими технологиями только начато уничтожение первых порций ХО, причем реализация этой программы напрямую зависит от того, будет ли ей действительно оказана масштабная финансовая поддержка со стороны Запада.

Другая группа вопросов была связана с тем, что значительная часть ядерного арсенала СССР перешла в это время в категорию избыточного оружия. Возник вопрос, что делать с избыточными ядерными материалами, высвобождаемыми при демонтаже ядерных зарядов. Что касается высокообогащенного урана (ВОУ), то было ясно, что этот материал может использоваться для производства низкообогащенного урана (НОУ), необходимого для ядерного топлива. Вопрос о судьбе избыточного оружейного плутония был менее ясен. В мировой практике существуют три подхода к его решению. В рамках первого подхода предполагается его использовать для производства МОХ-топлива и применения в АЭС. В рамках второго подхода предполагался процесс иммобилизации плутония за счет его разбавления γ -активными радионуклидами, размещения в стеклообразном расплаве и помещения в хранилище в защитных контейнерах. В рамках третьего подхода плутоний просто предполагается помещать в хранилище, до тех пор пока не будет принято другое решение о его судьбе.

В 2000 году США и Россия определили свои излишки оружейного плутония в 34 тонны для каждого государства. Россия предполагает использовать этот излишний плутоний для производства МОХ-топлива (если будут выделены необходимые средства), а США рассматривали оба проекта – проект по производству МОХ-топлива и проект по иммобилизации плутония.

Использование ЯВТ для уничтожения всего объема излишков плутония в 34 тонны потребовало бы проведения двух технологических взрывов с общим энерговыделением в 300 кт и затрат в 100 раз меньших, чем необходимые затраты для производства МОХ-топлива или заводской иммобилизации плутония. При этом были бы реализованы все преимущества заводского способа иммобилизации с дополнительным выигрышем в разбавлении плутония в стеклообразном расплаве в 1000 раз и существенным дополнительным барьером безопасности по сравнению с хранением в заводских условиях.

Третья группа вопросов была связана с обострением проблемы высокоактивных отходов различных видов, производимых ядерной энергетикой. ЯВТ предполагала, как возможность переработки долгопериодных продуктов деления, актиноидной активности, выделенной при переработке ОЯТ, так и отдельных категорий самого ОЯТ – их разбавление, остекловывание и захоронение вдали от районов жизнедеятельности.

6.8.1. Некоторые особенности ядерно-взрывной технологии для уничтожения химически токсичных материалов

Ядерно-взрывная технология для уничтожения химически токсичных материалов (ХТМ) предполагает термомеханическое разрушение (испарение, плавление) контейнеров с уничтожаемы-

ми веществами, разложение ХТМ при нагружении ударной волной (УВ) ядерного взрыва и переход в нетоксичные вещества, захораниваемые в месте взрыва.

Когда этот вопрос обсуждался со специалистами США в 1992 году, оказалось, что аналогичные подходы для ЯВТ были сформулированы в США в начале 80-х годов по инициативе Министерства Обороны США, и в этих целях был проведен определенный объем предварительных исследований.

Высокие характеристики ЯВТ для уничтожения ХТМ и ее универсальность для широкого круга химических веществ делают эту технологию весьма перспективной для очистки среды обитания от наиболее токсичных химических веществ. При этом существенно подчеркнуть исключительно мирный характер этой технологии, не имеющей никакого отношения к испытаниям ядерного оружия.

В процессе ядерного взрыва:

- уничтожаемые материалы подвергаются ударно-волновому нагружению ударной волной ядерного взрыва, распространяющейся по упаковке контейнеров с ХТМ, в процессе которого они сжимаются и нагреваются, разлагаясь в атомарное состояние или на более простые молекулы;
- на следующей стадии происходит разлет продуктов разложения, уменьшение их плотности, перемешивание с конструкционными материалами, а затем с расплавом грунта, и постепенное остывание среды; при этом происходит рекомбинация продуктов разложения в новые соединения в твердой и газообразной фазах, которые должны удовлетворять требованиям экологической безопасности;
- при остывании твердые продукты разложения ХТМ остекловываются в расплаве, а быстрый выход газообразных продуктов удерживается породой и системой защитных сооружений подземного ядерного взрыва;
- на состав продуктов разложения существенное влияние могут оказывать конструкционные материалы, разрушаемые, разлагаемые и захораниваемые вместе с ХТМ, состав породы и наличие специальных химических веществ, используемых для сдвига равновесия продуктов рекомбинации.

ЯВТ для уничтожения ХТМ должна обеспечивать выполнение традиционных для подземных ЯВ требований экологической безопасности:

- сейсмической безопасности;
- радиационной безопасности во время ЯВ и непосредственно после него;
- долгосрочной радиационной безопасности продуктов захоронения, а также химической безопасности продуктов разложения ХТМ как во время взрыва, так и в реализованном ЯВТ захоронении.

Обеспечение сейсмической безопасности ЯВТ определяется соблюдением критериев, выработанных ранее для подземных ядерных испытаний.

Обеспечение радиационной безопасности ЯВТ во время взрыва определяется:

- критериями, выработанными ранее для подземных ЯИ;
- технологическими условиями, ограничивающими уровень газообразных продуктов разложения ХТМ, действующих на систему защитных сооружений.

Обеспечение долгосрочной радиационной безопасности ЯВТ определяется:

- критериями, выработанными ранее для подземных ядерных испытаний (разбавление радиоактивных продуктов взрыва и их фиксация в химически инертном расплаве горных пород: низкие уровни гидротоков в месте захоронения);
- возможностью дополнительного снижения захораниваемой активности продуктов взрыва за счет использования промышленных зарядов высокой «чистоты».

Обеспечение химической безопасности ЯВТ во время взрыва определяется:

- нетоксичным составом газообразной фазы продуктов рекомбинации уничтоженных ХТМ (за счет выбора уровня нагружения, выбора уничтожаемых ХТМ, использования специальных химических добавок);
- сорбционными свойствами породы;

- общим уменьшением газообразной фазы продуктов разложения.
- Обеспечение долгосрочной химической безопасности определяется:
- нетоксичным или низкотоксичным составом твердой фазы продуктов разложения ХТМ (за счет выбора уничтожаемых ХТМ, уровней нагружения, использования специальных химических добавок);
 - химической инертностью расплава породы, фиксирующего твердую фазу, и низким уровнем гидротоков;
 - сорбционными свойствами породы.

Для обеспечения полной гарантии эффективности ЯВТ в отношении уничтожения ХТМ и безопасности продуктов разложения предполагалось, что каждый вид уничтожаемых ЯВТ ХТМ должен был пройти экспериментальные исследования на лабораторных установках, моделирующих вид и уровень воздействия технологического взрыва. В соответствии с этими исследованиями для каждого вида уничтожаемых ХТМ должна была определяться эффективность уничтожения в зависимости от уровня нагружения.

В этих целях разрабатывались специальные лабораторные установки, на которых исследовалось поведение различных химических веществ в рассматриваемых экстремальных условиях.

Хотя ЯВТ обладает возможностями по уничтожению весьма разнообразных ХТМ (прежде всего, органических соединений), выбор ХТМ для их ликвидации в ЯВТ должен определяться обеспечением экономической эффективности. При наличии гигантских производств химических отходов в мире это условие означает, что:

- ЯВТ перерабатывает отдельные группы особо токсичных материалов, ликвидация которых заводскими способами требует значительных экономических затрат и сопряжена с очень высоким риском;
- поставка уничтожаемых материалов для ЯВТ производится в концентрированном виде, так что их количество не слишком велико для возможностей ЯВТ (удельная эффективность ЯВТ определяется общим количеством уничтожаемых материалов, в которое входят ХТМ, конструкционные материалы, технологические добавки и т.д.);
- уничтожаемые материалы должны перерабатываться ЯВТ, как правило, вместе с контейнерами, которые их содержат.

Рассматриваемым требованиям отвечают такие ХТМ, как отравляющие вещества, составляющие основу химического оружия. Для гражданских ХТМ все определяется конкретным экономическим эффектом в сравнении с заводскими технологиями и степенью развернутости ЯВТ (при относительной дешевизне ЯВТ и ее высокой производительности, количество технологических взрывов, которые можно ежегодно производить, всегда ограничено).

Предполагалось, что использование ЯВТ для уничтожения химически токсичных материалов должно быть в принципе доступно для различных членов мирового сообщества. Для неядерных государств рассматриваемые работы на основе взаимной договоренности должны были осуществлять ядерные государства или специальный международный орган, обеспечивающий гарантии в области нераспространения ЯО и контролирующий исключительно гражданский характер работ ЯВТ.

Работы по использованию ЯВТ, обеспечение экологической безопасности на стадии подготовки технологического взрыва, его проведения и мониторинг состояния среды после взрыва должны были проводиться под международным контролем.

6.8.2. Ядерно-взрывная технология захоронения высокоактивных отходов атомной энергетики

Проблема обращения с долгоживущими высокоактивными отходами (ВАО) атомной энергетики, производимыми в топливных циклах ядерных реакторов АЭС, представляет собой одну из фундаментальных экологических проблем цивилизации.

ЯВТ для захоронения ВАО разрабатывалась в РФЯЦ-ВНИИЭФ в самом конце 80-х годов и поэтому не была экспериментально реализована. В то же время многие элементы ЯВТ для захоронения ВАО были практически отработаны в ходе проведения подземных ядерных испытаний, где в самом подземном ядерном взрыве (ПЯВ) производится наработка активности, ее разбавление в рас-

плаве горных пород, остекловывание в нем при его остывании (и соответствующем выборе породы) и захоронение.

Отметим, что в основном ядерно-взрывная технология для захоронения ВАО отличается от захоронения активности ПЯВ, прежде всего, по составу и характеру изменения активности со временем.

К настоящему времени развитие ядерной энергетики в мире достигло такого уровня, когда проблема экологической безопасности обращения с радиоактивными отходами АЭС приняла глобальный характер. Стандартный ядерный реактор с электрической мощностью в 1 ГВт производит за год (при среднем коэффициенте использования номинальной нагрузки $\sim 75\%$) ядерной энергии столько же, сколько ее выделяется при ядерном взрыве мощностью 15 Мт. При этом ядерный реактор производит и такое же количество высокоактивных продуктов деления (ПД) ядер, какое производится в соответствующем ядерном взрыве мощностью 15 Мт. Поскольку уровень совокупной мощности мировой ядерной энергетики достиг величины 350 ГВт, то это означает, что ежегодное производство ПД в АЭС эквивалентно их наработке в ядерных взрывах с совокупной мощностью 5250 Мт, что существенно превосходит мощность всего стратегического ядерного арсенала. При этом мощность ядерной энергетики США оценивается в 97 ГВт, а мощность ядерной энергетики России в 20 ГВт и соответственно на их доли приходится 27,5% и 5,7% производства высокоактивных ПД в мире.

В течение некоторого времени после выгрузки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) из реактора оно хранится на АЭС, после чего может поступать или во временное хранилище ОЯТ, как правило, также расположенное на территории АЭС, либо на радиохимическую переработку. Впоследствии ОЯТ, либо некоторые продукты его переработки, должны поступать на долговременное хранение, которое будет экологически безопасным в исторических масштабах времени. К настоящему времени рассматриваются различные проекты решения этой проблемы, однако практически она не решена. Необходимо отметить, что хранение колоссальных количеств радиоактивных отходов на АЭС представляется не слишком удачным промежуточным решением, поскольку АЭС, как правило, размещены в районах активной жизнедеятельности, и аварии с временными хранилищами могут приводить к крупным экологическим катастрофам.

При уровне выдержки ОЯТ или продуктов его переработки в течение 15 лет после его выгрузки абсолютная активность ПД определяется в основном активностью двух пар радионуклидов – $\text{Sr-90} + \text{Y-90}$ и $\text{Cs-137} + \text{Ba-137}$ с характерными значениями периодов полураспадов $T_{1/2} \approx 30$ лет. Абсолютная величина этой компоненты активности составляет $7 \cdot 10^6$ Ки на удельную энерговыработку в 1 ГВт электрической мощности в год.

При временах выдержки ОЯТ более 200 лет, абсолютная величина его активности будет определяться актиноидной компонентой (энергетический плутоний, энергетический и Cm-244), производимой на стартовых изотопах (в основном – U-238) уран-уранового (${}_{\alpha}^{235}\text{U}$ ${}_{1-\alpha}^{238}\text{U}$) ядерного топлива. Абсолютная величина этой компоненты активности (при времени выдержки в 200 лет) составляет $1,1 \cdot 10^5$ Ки на удельную энерговыработку в 1 ГВт электрической мощности в год (отметим, что эта величина может сильно варьировать в зависимости от типа ядерных реакторов).

Отметим, что в ряде государств производится или предполагается переработка ОЯТ с целью выделения энергетического плутония и возвращение его в топливный цикл АЭС для последующего выжигания в реакторах на тепловых нейтронах (в составе специального уран-плутониевого ЯТ) или в реакторах на быстрых нейтронах. Ввиду высокой активности и радиотоксичности энергетического плутония и потенциальных возможностей его использования в ядерном и радиологическом оружии такая программа обращения с ним может вызывать серьезные возражения.

Остается открытым и вопрос с энергетическим америцием, который может составлять существенную долю долговременной актиноидной активности.

При радиохимической переработке ОЯТ могут быть выделены долгоживущие продукты деления с периодом полураспада $T_{1/2} \geq 10^5$ лет, в том числе такие радионуклиды как Se-79 , Tc-99 , Zr-93 , Pd-107 , Sn-126 , I-129 , а также Sm-151 с $T_{1/2} = 90$ лет, которые могут представлять серьезную экологическую проблему, несмотря на относительно небольшой (по сравнению с другими компонентами ОЯТ) уровень активности, составляющий 10000 Ки (с Sm-151) и 500 Ки (без Sm-151) на удельную энерговыработку 1 ГВт электрической мощности в год.

В соответствии с этим, основными типами высокоактивных отходов для ЯВТ рассматривались:

- тепловыделяющие сборки (ТВС) с ОЯТ для реакторов, ОЯТ которых не подвергается радиохимической переработке;
- дефектные ТВС любых типов реакторов;
- отдельные компоненты радиохимической переработки ОЯТ, не утилизируемые далее, в том числе высокоактивные ПД, актиноиды, долгоживущие ПД.

Возможность создания универсальной технологии, перерабатывающей столь разнообразные виды ВАО, без сомнения, представляет принципиальный научно-технический и практический интерес.

Концепция ЯВТ для захоронения ВАО основана на следующих основных принципах:

- использовании энергии ядерного взрыва для производства магматогенного силикатного расплава и разбавления в нем захораниваемой активности;
- перехода расплава при остывании в стеклообразное химически инертное состояние, подобное по своим свойствам материалам, реализуемым в заводских технологиях остекловывания ВАО, но с существенно меньшим (на порядки) уровнем концентрации активности;
- захоронении переработанных таким способом ВАО на больших глубинах вдали от районов жизнедеятельности;
- практической невозможности использования переработанных ЯВТ материалов для оружейных целей;
- экологической безопасности технологических работ.

ЯВТ может перерабатывать непосредственно ВАО (в том числе ОЯТ), полученное с АЭС и тем самым исключать дорогостоящий и потенциально опасный цикл радиохимической переработки, или перерабатывать не утилизируемые продукты радиохимического разделения ВАО. Конкретный выбор определяется особенностями развития ядерного энергетического цикла потребителя ЯВТ.

Для размещения взрывного технологического устройства и захораниваемых материалов в выбранном горном массиве необходима горизонтальная проходка (штольня) или вертикальная проходка (шахта) с сечением, обеспечивающим возможность транспортировки требуемых материалов. В конце проходки должна быть сделана выработка под камеру, в которой реализуются процессы переработки.

Характерное сечение штольни, обеспечивающее транспортировку большинства видов перерабатываемых материалов, составляет от 10 до 20 квадратных метров. Достаточно разнообразные виды работ с ЯВТ могут проводиться в шахтах с сечением около трех метров. В отдельных видах технологических работ (например, при захоронении элементов ядерных силовых установок) могут потребоваться большие проходные сечения. Глубина заложения выработки под камеру переработки определяется обеспечением требований безопасности технологического взрыва и зависит от конкретных геологических условий и состава грунта.

Перерабатываемые материалы должны размещаться вокруг технологического взрывного устройства, обеспечивая вместе с конструкционными элементами упаковку, уровень нагружения которой при взрыве достаточен для их испарения. Удельная закладка полной массы таких материалов составляет 70 т/кВт мощности ЯВ и соответствует массе грунта, испаряемого обычно в подземном ЯВ. Подчеркнем, что величина этой массы определяется всеми конструктивными элементами, необходимыми для размещения перерабатываемых материалов (в том числе, например, массой уничтожаемых защитных контейнеров).

В рассматриваемых условиях камеру ЯВТ с перерабатываемыми материалами можно рассматривать в качестве малого возмущения для процессов плавления грунта, перемешивания веществ, обеспечения экологической безопасности взрыва, так как масса перерабатываемых материалов составляет 10% от массы производимого ЯВ расплава (700 т/кВт).

При использовании ЯВТ кратковременная радиационная безопасность взрыва (отсутствие прорыва радиоактивности на поверхность, в том числе, аварийного выхода радиоактивных благородных газов – РБГ) должна обеспечиваться, как и в обычном подземном ЯИ, выбором необходимой геологической структуры места взрыва, глубиной заложения взрывного устройства и системой защитных мер в стволе штольни (шахты). Важное значение при этом может иметь уровень газовой породы (не более нескольких процентов, что реализуется в гранитных породах). Существенно,

что захораниваемая активность не содержит существенных количеств РБГ, сравнимых с уровнем их наработки в ЯВ.

При обеспечении долговременной радиационной безопасности ЯВТ также опирается на практический опыт созданной технологии проведения подземных ядерных испытаний, в которых одновременно нарабатывается и захоранивается большое количество активности.

Существенное значение имеет практический опыт по реализации достаточно высокой степени перемешивания радионуклидов различных типов в массе расплава, производимого ЯВ.

Основные отличия ЯВТ по захоронению ВАО от технологии подземных ядерных испытаний связаны с захоронением существенно больших количеств долгоживущей активности, а также в ряде случаев с необходимостью решения проблем теплоотвода на стадии подготовки технологического взрыва.

7. МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МИРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Создание сооружений и использование технологий в горном массиве с помощью ядерных взрывов должно было гарантировать сейсмическую безопасность населенных пунктов, объектов и исключить возможность попадания человека в радиационно-опасную зону. После ввода в действие созданных сооружений или технологий должна была обеспечиваться локализация радиоактивных отходов в пределах горных массивов. Мирные ядерные взрывы в отношении мер обеспечения сейсмической и радиационной безопасности имели ряд существенных особенностей, по сравнению со взрывами на полигонах.

Во-первых, почти все из них были проведены в скважинах. Во-вторых, их проведение часто носило выездной характер, то есть происходило в условиях отсутствия стационарной базы и местных кадров для контроля и обеспечения безопасности, по крайней мере, до стадии освоения созданных взрывами объектов. В-третьих, они проводились в самых различных геологических условиях, что требовало строго индивидуальных решений по каждому взрыву. Наконец, при проведении мирных ядерных взрывов осуществлялся прямой контакт с населением, что требовало решений конкретных социальных вопросов.

Мероприятия по сейсмической безопасности разрабатывались на основе выработанного прогноза величин сейсмических параметров и их воздействия на людей, здания и сооружения. В технические мероприятия по сейсмической безопасности, в частности, включались дополнительное усиление зданий, попадающих в зону сильных сейсмических колебаний, инженерная защита оборудования от сейсмического воздействия и его последствий, демонтаж и эвакуация наиболее ценных приборов и оборудования, временная остановка действующих производств и др.

В случае повреждения зданий проводились ремонтные работы, для которых был заранее подготовлен резерв строительных материалов и созданы ремонтные бригады. Для определения соответствия прогнозных оценок с фактическими результатами и сбора данных организовывалась сеть сейсмических измерительных пунктов.

Если проблема сейсмической безопасности, как правило, решалась достаточно просто надлежащим выбором расстояния от точки взрыва до населенных пунктов, кратковременным выводом (в случае необходимости) населения из домов и небольшим ремонтом поврежденных строений (если повреждения имели место), то обеспечение радиационной безопасности представляло весьма сложную задачу даже для камуфлетных взрывов.

Система обеспечения радиационной безопасности являлась единым комплексом взаимосвязанных организационно-технических мероприятий защиты и контроля, включающих проектирование мероприятий и их выполнение на всех стадиях технологического процесса. Обеспечение радиационной безопасности осуществлялось под строгим контролем санитарных и местных органов власти. В ее основе лежат три фундаментальных фактора:

- использование горного массива как основного защитного барьера и фиксатора активности;
- применение специальных зарядов с образованием минимума биологически опасных радионуклидов;
- управляемость и контролируемость технологии по фактору радиационной опасности.

Радиационная безопасность обеспечивалась на всех этапах жизненного цикла существования объектов, созданных с помощью ядерных взрывов, – при сооружении, освоении, эксплуатации и консервации объектов. Она включала в себя следующие составляющие:

1. Выбор взрывного устройства для конкретной цели и условий, обеспечивающих наименьшее загрязнение радионуклидами недр и продукции.

2. Разработку специальных забивочных комплексов, обеспечивающих безопасность и экономичность последующих операций для всего разнообразия целей и условий взрывов.

3. Выбор глубины заложения заряда, исключающий выход продуктов взрыва в зону свободного водообмена.

4. Проведение радиационного контроля за радиационной обстановкой и дозами облучения.

5. Разработку специальных аварийных сценариев для каждого взрыва и установление соответствующих санитарно-защитных зон.

6. Разработку особой структуры и комплектации выездной службы радиационной безопасности, создание на технологических площадках или вблизи них специальных временных сооружений – лабораторий, коммуникаций связи, санпропускника, пунктов оповещения, индивидуального дозиметрического контроля и охраны санитарно-защитной зоны.

Все мероприятия и средства были рассчитаны на два вида ситуаций – штатную, не предусматривающую выхода радиоактивных продуктов на поверхность, и аварийные ситуации различных типов.

После проведения взрыва при освоении созданного объекта создавалась объединенная служба радиационной безопасности заказчика объекта и профильных организаций Минсредмаша СССР – ВНИПИПромтехнологии и (или) Радиевого института для обеспечения безопасности длительных работ по схеме, принятой для радиационно-опасных объектов.

Для жизнеобеспечения комплекса работ на объекте оборудовались технологические площадки с набором служебных зданий, сооружений, механизмов и оборудования, а также поселок для участников работ и подразделения охраны с соответствующими помещениями для бытового и медицинского обслуживания.

Контроль за соблюдением правил и норм радиационной безопасности и охраны окружающей среды при проведении мирных ядерных взрывов осуществляли органы и представители Минздрава, Санэпиднадзора и Госкомгидромета. За все время осуществления Программы мирных ядерных взрывов не было ни случаев облучения персонала, ни случаев облучения населения свыше установленных норм.

8. СОЗДАНИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

8.1. Влияние ядерных оружейных программ на развитие фундаментальных исследований

Одним из основных и важнейших влияний программы создания и развития ядерного оружия на фундаментальную науку было развитие ядерно-физических исследований. Атомные проекты различных государств поставили развитие ядерной физики в качестве высокоприоритетной задачи, обеспечив это развитие материально-техническими ресурсами, привлечением первоклассных спе-

циалистов, созданием уникальных лабораторных комплексов. К числу основных направлений ядерно-физических исследований относились:

- изучение процессов деления ядер, значение которого определялось, с одной стороны, критическими вопросами ядерных оружейных сборок, а с другой стороны, задачами создания ядерных реакторов для наработки плутония;
- изучение процессов взаимодействия нейтронов с веществом в широком плане, которое требовалось, с одной стороны, для решения задач размножения и переноса нейтронов в ядерных и термоядерных зарядах, а с другой стороны, для выбора схем и материалов ядерных реакторов;
- изучение термоядерных реакций, которое получило существенное развитие в связи с задачами бустирования ядерных зарядов и создания термоядерного оружия;
- физика радионуклидов, важнейшим импульсом для развития которой являлось наличие огромного количества радиоактивных изотопов с различными параметрами в составе продуктов деления ядер. Эти исследования стимулировались первоначально задачами, связанными с радиоактивным загрязнением окружающей среды при военном и гражданском применении ядерных взрывов, а также вопросами диагностики ядерных испытаний;
- изучение процессов переноса нейтронов и гамма-квантов в атмосфере, образование и распространение электромагнитного импульса ядерного взрыва;
- создание и развитие сложной специальной аппаратуры, включая ускорительную технику, специальные виды ядерных реакторов, взрывные установки на основе химических ВВ.

Эти работы существенно стимулировали развитие новых исследований в математике, медицине, химии, геологии. К ним, в частности, относились:

- исследование воздействия проникающих излучений и радионуклидов на живые организмы, прежде всего на человека. Важнейшим практическим результатом этих исследований было создание и развитие Норм радиационной безопасности и правил обращения с радиоактивными веществами, которые адаптировали деятельность и поведение человека к совершенно новым условиям;
- исследования химии радионуклидов, которые привели к созданию нового раздела химических наук. Первоначально эти исследования стимулировались такими важнейшими задачами, как выделение плутония из отработанного ядерного топлива и создание на его основе кондиционных оружейных материалов, создание специальных нейтронных источников, извлечение и обогащение урановых и ториевых руд, создание специальных материалов для реакторных технологий и технологий изотопного обогащения урана;
- исследование процессов образования месторождений урана и тория и разработка методов поиска и добычи этих полезных ископаемых;
- создание новых разделов прикладной математики, связанной с решениями уравнений, описывающих процессы в ядерных и термоядерных зарядах и воздействие поражающих факторов ядерного взрыва, а затем создание соответствующего программного обеспечения для ЭВМ.

К одному из важнейших видов влияния ядерной оружейной программы на другие виды науки и техники следует отнести стимулирование ею развития ракетных технологий

Велико значение ядерных оружейных программ и для развития электронных технологий. Создание ЭВМ стимулировалось необходимостью решения сложных физико-математических задач работы ядерных зарядов. Как известно, до сих пор одним из основных потребителей супер-ЭВМ является ядерно-оружейный комплекс. С другой стороны, создание ядерного оружия стимулировало развитие систем автоматики различных типов ядерных боеприпасов и средств доставки ядерного оружия, которые должны были удовлетворять специальным требованиям. Развитие средств противодействия ядерному оружию также содействовало развитию электронных технологий, созданию специальных систем управления, обеспечению их устойчивости и т.д. К этому же комплексу вопросов примыкало и такое направление, как развитие лазерных технологий в военных целях, в частности, для поражения баллистических ракет.

Этот перечень можно продолжать и далее. Существенно то, что ядерные оружейные программы являлись средством, которое реально способствовало развитию новых научных отраслей и новых видов техники. Эти исследования сначала были по существу работами «двойного назначения», так как, с одной стороны, они выполняли «узкий заказ» ядерной оружейной программы, а с другой стороны, вносили реальный вклад в развитие научно-технического прогресса. Многие из них дали уникальные результаты и существенно повлияли на развитие нашей цивилизации.

Эти вопросы выходят далеко за пределы тематики данной книги и требуют отдельного комплексного рассмотрения. Далее в этом разделе мы рассмотрим ряд конкретных «узких вопросов».

Высокая концентрация энергии при ядерном взрыве позволила проводить исследования в области физики сверхсильных ударных волн и плотностей энергии, а интенсивные потоки излучений открыли интересные перспективы ядерно-физических экспериментов. Ядерный взрыв – это уникальный источник для изучения многих явлений в различных областях физики.

Несомненно, что фундаментальные научные результаты были получены прежде всего непосредственно при решении оружейных задач. К ним относятся такие широко известные достижения, как:

- имплозивное сжатие различных типов конфигураций;
- обеспечение термоядерного горения тритий-дейтериевой смеси в первичных ядерных зарядах (бустерное горение);
- обеспечение высоких концентраций энергии в процессе ядерного взрыва, достаточных для того, чтобы основная часть энерговыделения трансформировалась в энергию излучения;
- использование энергии ядерного взрыва первичных ядерных зарядов для сжатия и зажигания вторичных модулей двухстадийных термоядерных зарядов (радиационная имплозия);
- обеспечение под действием радиационной имплозии зажигания и горения вторичных модулей, не содержащих делящиеся вещества, представляющее собой практическую реализацию термоядерного горения плазмы с инерционным удержанием;
- трансмутация изотопов в мощных нейтронных полях;
- решение проблемы обеспечения гидродинамической устойчивости сжатия каскадных систем в условиях существенно асимметричного поля давлений;
- создание уникальных физико-математических моделей, адекватно описывающих разнообразные процессы, протекающие в ядерных и термоядерных зарядах;
- создание базы данных, описывающей параметры вещества и его взаимодействие с излучением и нейтронами в экстремальных условиях ядерного и термоядерного взрыва;
- проведение уникальных исследований по определению параметров поражающих факторов ядерных и термоядерных зарядов и их воздействию на различные объекты;
- создание специальных методик, адекватно описывающих воздействие поражающих факторов ядерного взрыва на различные объекты.

Вся эта проблематика относится к закрытой сфере деятельности. В то же время при разработке и испытаниях ядерного оружия проводился целый ряд научных исследований, которые выходили за рамки сферы военных применений. К ним относятся:

- использование ударных волн подземных ядерных взрывов для исследования ударной сжимаемости конденсированных веществ;
- измерения свечения и скорости воздушных ударных волн при подземном ядерном взрыве;
- использование ядерного взрыва как источника накачки лазеров для исследований лазерного термоядерного синтеза;
- измерение нейтронных сечений при ядерных взрывах;
- изучение возможности получения сверхвысоких магнитных полей при ядерном взрыве;
- исследования вопросов взрывной дейтериевой энергетики.

К вопросам использования ядерных взрывов для решения фундаментальных задач относятся, в частности, такие проблемы, как:

- возможность использования ядерных взрывов для управления погодой;
- нейтринные измерения в подземном ядерном взрыве;

- возможность снятия накапливающихся напряжений в земной коре подземными ядерными взрывами;
- возможность применения ядерных взрывных технологий для решения проблемы защиты Земли от опасных космических объектов.

8.2. Фундаментальные исследования в подземных ядерных испытаниях

Фундаментальные исследования в подземных ядерных экспериментах проводились, как правило, в виде вспомогательной (попутной) программы наряду с основной программой конкретного испытания. Они были направлены на исследования самых разных вопросов, начиная от проблемы инерциального термоядерного синтеза до исследования различных свойств веществ.

Как отмечалось выше, фундаментальные проблемы обеспечения зажигания термоядерного горючего в модулях стадийных зарядов без использования в них делящихся материалов были решены в период проведения воздушных ядерных испытаний. Эти решения открыли различные пути проведения исследований особенностей работы и совершенствования термоядерных зарядов и, в частности, оказали существенное влияние на разработку «чистых» промышленных зарядов.

На протяжении всего периода подземных ядерных испытаний в СССР одним из их основных типов было проведение ядерных взрывов в штольнях. Довольно часто ядерные заряды размещались в подземных камерах (боксах) значительных объемов. Часть энергии взрыва выходила из ЯЗ в виде теплового рентгеновского излучения, которое заполняло объем бокса. В ряде случаев температура в боксе составляла 0,1–0,4 кэВ. Такие температуры сегодня достигаются внутри корпусов (диаметром менее 2 мм) мишеней лазерного термоядерного синтеза. Это излучение частично испаряет углерод (или бериллий) на поверхности сферических термоядерных капсул, размещаемых внутри корпуса, что позволяет в математических расчетах сжать и зажечь термоядерную смесь внутри капсулы.

В 1964 году Б.Д. Бондаренко и В.Н. Михайлов предложили использовать в исследовательских целях тепловое рентгеновское излучение, удерживаемое в боксах после ядерного взрыва.

Эту энергию можно было использовать, как для сжатия термоядерных устройств, аналогичных современным капсулам лазерного термоядерного синтеза, так и для прогрева плоских пластин, размещаемых на поверхности бокса, с целью исследования пробега излучения в различных материалах и их уравнений состояния.

Для изучения пробега излучения, по предложению А.Д. Сахарова еще в 1957 году, был поставлен специальный эксперимент. Опыт показал на необходимость тщательного учета дискретно-дискретных переходов при расчете пробега излучения. Использование в текущих полигонных испытаниях попутных возможностей, связанных с условиями в боксах в исследовательских целях, позволило значительно увеличить объем физических исследований поведения вещества при высоких давлениях и температурах.

Несмотря на объективные трудности проведения таких физических исследований, в ряде опытов были получены интересные результаты, которые полезны, в частности, для понимания работы термоядерных мишеней лазерного термоядерного синтеза.

Интересные научные результаты были получены в 1969 году. Рядом с ядерным устройством размещалось термоядерное устройство, не содержащее материалов, способных перейти через критическое состояние.

Устройство было разработано Ю.Н. Бабаевым, А.И. Ивкиным, Л.С. Мхитарьяном, С.А. Холиным (РФЯЦ-ВНИИЭФ).

После взрыва ядерного заряда температура в боксе повышалась до 0,33 кэВ на поверхности устройства. Максимальное значение температуры от минимального отличалось на 2%.

К моменту прихода ударной волны, образованной прогревом энергией теплового излучения ядерного заряда, ударная волна от взрыва ВВ успела сжать термоядерную смесь в 60 раз. Еще в 100 раз термоядерная смесь была сжата за счет процесса радиационной имплозии.

Полное сжатие термоядерной смеси в эксперименте составило более 6000. Факт успешного срабатывания термоядерного устройства был зафиксирован независимыми методами.

Штольня, в которой проводилось испытание, была приспособлена к отбору радиохимических проб. Измеренное отношение изотопов золота Au-199/Au-198 соответствовало нейтронному потоку

$2,8 \cdot 10^{24}$ нейтрон/см². Золото размещалось на внешней поверхности термоядерной смеси, где нейтронный поток был в четыре раза меньше среднего значения.

Успешное срабатывание этого термоядерного устройства показало, что совокупность принятых мер обеспечила симметричное сжатие и горение термоядерной смеси в столь сложной конструкции и подтвердило принципиальную возможность зажигания термоядерной смеси при аналогичных сжатиях в капсулах инерционного термоядерного синтеза.

С целью изучения влияния асимметрии на сжатие термоядерной мишени проводились эксперименты с размещением имитаторов мишеней вне ядерного заряда. Наиболее удачный опыт был проведен в 1982 году по предложению А.В. Карельского, А.И. Харченко, С.А. Холина.

Вне ядерного заряда размещались две пары мишеней. В составе каждой пары была сферическая и несферическая мишень. Несферическая мишень отличалась от сферической особенностями с целью имитации неравномерности нагрева и разнородности движения оболочки при облучении 12 лучами лазерной установки. Друг от друга пары отличались диаметром полости. Диаметр меньшей пары был примерно в 25 раз больше диаметра мишени, которую предполагалось использовать в случае успешной реализации работ по проблеме лазерного термоядерного синтеза. Различие в размерах компенсировалось более медленным нарастанием температуры в боксе по сравнению с длительностью лазерного импульса.

В мишени меньшего диаметра сжатие термоядерной смеси достигло 700, в мишени большего диаметра – 2200. Опыт ставился так, что зажигания термоядерной смеси не происходило. В этом случае обостряется зависимость температуры от асимметрии сжатия.

В опыте в паре мишеней меньшего диаметра выход нейтронов из асимметричной мишени оказался в 11 раз меньше, чем из симметричной, а в паре мишеней большего диаметра – в 18 раз меньше. Это означало, что введенная асимметрия была эквивалентна снижению максимума температуры термоядерной смеси в 1,4 и 1,5 раз, соответственно.

Для физических исследований использовался не только объем бокса, но и его поверхность.

В 1965 году В.Н. Михайлов и С.А. Кучай предложили технологию, которая позволяла судить о величине пробега излучения в различных материалах при температуре менее 0,4 кэВ.

В последующих экспериментах 1970–1983 годов использовалась постановка экспериментов со значительной общей толщиной пакета пластин, как в специализированном опыте 1957 года.

А.Д. Сахаровым было предложено измерять пробеги излучения по времени прохождения ударной волной толстых образцов, прикрытых исследуемым материалом, прогреваемым излучением. Им было показано, что поток энергии Q в образец зависит от пробега излучения L как $Q \sim L^{1/3}$, а так как время прохождения ударной волны τ зависит от Q как $\tau \sim Q^{-1/2}$, то τ зависит от пробега L как $\tau \sim L^{-1/6}$. Используя эти зависимости, можно измерять отношения пробегов. Постановка опытов по измерениям пробегов излучения и уравнениям состояния была сформулирована А.И. Харченко и С.А. Холиным. Измерения проводились группой И.Ш. Моделя.

Результаты измерений позволили оценить отношения пробегов излучения при температуре $T \sim 0,3$ кэВ в веществах, используемых в исследованиях по инерционному термоядерному синтезу. Это были углерод, кислород, кремний, медь и золото. Отношения пробегов измеряются точнее самих значений пробегов, так как при этом сокращаются систематические ошибки, привносимые моделями уравнения состояния вещества, а также неточности в значении температуры на поверхности образцов. Одним из видов мишени непрямого лазерного термоядерного синтеза содержит корпус из золота с отверстиями для запуска лазерных лучей и углеродную капсулу внутри, содержащую термоядерную смесь.

Вопрос о допустимом уровне асимметрии поля температуры и приемах ее компенсации является центральным для лазерного термоядерного синтеза, так как от его решения зависит стоимость установки.

Одновременно с пробегами излучения изучались уравнения состояния ряда веществ. С этой целью со стороны регистратора размещались разные пластины при одинаковом наборе пластин со стороны бокса. Экспериментальные времена распространения ударной волны по этим наборам пластин в пределах точности измерений совпали с расчетными значениями, полученными при использовании стандартных уравнений состояния.

Прекращение испытаний затормозило научные исследования в области физики высоких давлений и температур. Остановились исследования пробегов излучения и уравнений состояния.

Проведенные эксперименты в полигонных испытаниях показали, что асимметрия сжатия мишеней лазерного термоядерного синтеза не столь существенно ограничивает горение мишеней, как считалось ранее.

Особым достижением проведенных экспериментов является зажигание тритий-дейтериевой смеси в специальных термоядерных устройствах. Это указывает на то, что трудности, связанные с проблемой лазерного термоядерного синтеза, преодолимы.

8.3. Фундаментальные исследования, связанные с поражающими факторами ядерного взрыва

8.3.1. Электромагнитный импульс ядерного взрыва

Одним из характерных примеров исследования новых природных процессов, связанных с ядерным взрывом, является изучение электромагнитного импульса (ЭМИ) ядерного взрыва.

Наличие электромагнитного импульса при проведении ядерных испытаний требовало объяснения этого явления. В качестве основного механизма образования ЭМИ наземного взрыва был предложен комптоновский механизм. Согласно этой модели, электромагнитное поле ядерного взрыва возникает в результате взаимодействия гамма-квантов с веществом среды. При этом электрическое поле определяется двумя конкурирующими процессами. Во-первых, гамма-кванты взаимодействуют с атомами, выбивают из них быстрые комптоновские электроны, которые, двигаясь в основном по направлению порождающих их гамма-квантов, создают упорядоченный сторонний ток и тем самым приводят к разделению в пространстве зарядов и формированию радиального электрического поля. Во-вторых, комптоновские электроны эффективно участвуют в ионизации воздуха, создавая медленные электроны и ионы, которые перемещаются под действием радиального электрического поля и создают тем самым ток проводимости воздуха. Этот ток направлен навстречу стороннему току и уменьшает радиальное электрическое поле.

Ввиду важной роли радиационной проводимости воздуха и значительной длительности ее существования по сравнению со сторонним током, временная форма ЭМИ не повторяет временной формы импульса гамма-излучения.

Вторичное гамма-излучение также влияет на формирование ЭМИ наземного взрыва. За счет этого временная форма ЭМИ наземного взрыва оказывается растянутой до миллисекундной области и приобретает сложную, в том числе многопиковую структуру.

Существенным фактором является нарушение симметрии условий для формирования ЭМИ. При наземном взрыве основной причиной нарушения симметрии выступает земля. Граница раздела «воздух-грунт» является границей двух сред с существенно отличающимися условиями распространения как для гамма-излучения, так и для электронов. Поэтому при наземном взрыве в его окрестности формируются тангенциальные составляющие тока, которые выступают в качестве источника излученного ЭМИ, распространяющегося в атмосфере подобно обычному радиосигналу. Кроме того, при формировании ЭМИ наземного взрыва важная роль принадлежит проводимости грунта, за счет которой в грунте под действием радиального электрического поля протекает значительный ток, генерирующий магнитное поле.

В вопросах развития ЭМИ высотного ядерного взрыва есть принципиальные отличия. Общим является всего источник ЭМИ – ток быстрых электронов, генерируемых гамма-излучением взрыва, а также играющая важную роль в формировании ЭМИ проводимость воздуха, создаваемая всем комплексом ионизирующих излучений. Одно из отличий связано с низкой плотностью атмосферы, которая ведет к значительному возрастанию времени жизни как быстрых, так и медленных электронов.

Другое отличие связано с тем, что в данном случае комптоновский механизм ответственен только за формирование радиального поля в районе взрыва, а ведущим механизмом формирования важного для практики излученного поля при высотном взрыве является взаимодействие стороннего тока с геомагнитным полем.

В реальных условиях пространственное распределение стороннего тока и тока проводимости оказывается несимметричным, что приводит к появлению электромагнитного излучения, распро-

страняющегося из зоны источника ЭМИ, на значительные расстояния. При высотном взрыве в качестве факторов асимметрии выступают геомагнитное поле и изменение плотности атмосферы с высотой.

8.3.2. Ударная волна ядерного взрыва

Проведение ядерных испытаний в атмосфере содействовало интенсификации исследований физики ударных волн.

Воздушная ударная волна ядерного взрыва вблизи границы раздела «воздух-земля» является ведущим поражающим фактором, что определило особый интерес к изучению ее характеристик. До 1963 года было проведено значительное количество ядерных испытаний в приземных условиях, что позволило получить необходимые количественные данные о воздушной ударной волне и сравнить их с характеристиками волны, образующейся при взрыве химического ВВ. Эти данные легли в основу разработки физико-математической модели формирования и развития воздушной ударной волны ядерного взрыва и обеспечили успех в исследованиях таких важных особенностей, как распространение волны в неоднородной атмосфере, взаимодействие волны с границей раздела воздух-земля и формирование аномалий распространения волны.

При взрыве вблизи поверхности земли важную роль в распространении воздушной ударной волны играет ее взаимодействие с грунтом и образование отраженной волны. Отраженная волна движется за фронтом падающей по прогретому воздуху с большей скоростью, поэтому вблизи границы раздела волны частично сливаются, образуя так называемую головную волну. Следует отметить, что, кроме отраженной, образуется преломленная волна в грунте. Эта волна является источником формирования сейсмозрывной волны ядерного взрыва, проведенного над поверхностью земли.

Важные вопросы связаны с механическим действием наземного и подземного ядерных взрывов на грунтовый массив. Для решения этих проблем было существенно определение физических особенностей формирования взрывом эпицентрального источника доли энергии, передаваемой грунту, создание моделей деформирования различных грунтовых сред.

При исследовании механического действия на грунт ядерного взрыва, произведенного вблизи границы раздела «воздух-грунт», обычно выделяют две последовательные стадии развития взрыва: гидродинамическую (начальную) и упругопластическую.

На гидродинамической стадии воздействие ядерного взрыва на грунт осуществляется непосредственной передачей энергии от заряда грунтовой среде за счет прогрева грунта излучением и действия на грунт разлетающегося вещества конструкции. На этой стадии происходит интенсивное перераспределение энергии взрыва между грунтом и воздухом. В грунте формируется характерная для ядерного взрыва возмущенная область с чрезвычайно высокими температурой и давлением. Развитие этой области определяется энергосодержанием, плотностью и составом грунта и не зависит от прочностных свойств грунта. В воздухе в это время формируются тепловая и воздушная ударные волны. По мере развития взрыва температура и давление в возмущенной области уменьшаются, и только начиная с момента времени, когда давление снизится до значения 10^5 атм, существенную роль начинают играть прочностные свойства грунта. Развитие взрыва переходит во вторую стадию – упругопластическую стадию. В результате действия эпицентрального источника и воздушной ударной (тепловой) волны в грунте формируются сейсмозрывные волны и воронка выброса.

Отдельным источником движений в грунте является распространяющаяся вдоль его поверхности воздушная ударная волна, которая действует на возрастающую со временем площадь нагружения. В случае приподнятого над поверхностью взрыва воздушная ударная волна становится практически единственным источником механического действия на грунт. В то же время заглубление заряда заметно снижает нагружение воздушной ударной волной и существенно увеличивает действие эпицентрального источника.

Механическое действие воздушной ударной волны на объекты представляет собой многоплановую проблему из-за разнообразия самих объектов, различия условий воздействия и степени разрушения объекта в процессе воздействия.

Действие ударной волны на объект формирует динамическую нагрузку, которая определяется параметрами ударной волны, формой и размерами объекта, а также его ориентацией относительно

скорости движения фронта волны. Процесс взаимодействия ударной волны с объектом обычно разделяют на две характерные фазы:

- фаза дифракции действует от момента соприкосновения фронта волны с объектом до установления сравнительно стабильного процесса его обтекания потоком сжатого воздуха;
- фаза квазистационарного обтекания действует после окончания фазы дифракции до момента окончания действия положительной фазы ударной волны.

В первой фазе ударная волна действует сначала только на переднюю поверхность, затем на боковые поверхности и по мере затекания – на заднюю поверхность объекта. В момент соприкосновения падающей ударной волны с передней поверхностью возникает отраженная ударная волна, которая распространяется навстречу падающей волне.

Разница давлений на переднюю и тыльную поверхности приводит к возникновению смещающей силы. Направление этой силы сначала совпадает с направлением распространения ударной волны. На этой стадии возникают большие давления и большие смещающие силы, однако время их действия сравнительно мало.

Вторая фаза характеризуется сравнительно стабильным процессом обтекания объекта потоком сжатого воздуха, скорость и плотность которого постепенно уменьшаются. Смещающая сила в этот период определяется давлением скоростного напора, коэффициентом аэродинамического сопротивления преграды и площадью ее сечения. Давление и смещающая сила меньше, чем в начальный период, однако время их действия на преграду гораздо больше.

8.3.3. Радиоактивное загрязнение атмосферы и поверхности земли

Особое место в системе физических процессов, сопровождающих развитие ядерного взрыва, занимает радиоактивное загрязнение атмосферы и местности. Радиоактивное загрязнение среды опасно как источник внешнего и внутреннего облучения ионизирующими излучениями. При ядерном взрыве радиоактивное загрязнение характеризуется большими пространственными масштабами территорий, которые оно охватывает, и весьма продолжительным временем существования и возможного воздействия на людей. Формирование радиоактивных выпадений при ядерном взрыве определяется сложным комплексом физических, ядерно-физических и физико-химических процессов, протекающих в светящейся области и облаке взрыва, в результате которых образуются радиоактивные частицы. Эти частицы переносятся воздушными течениями в турбулентной атмосфере и выпадают на поверхность земли.

Процесс формирования радиоактивных частиц в облаке наземного взрыва начинается после снижения температуры до нескольких тысяч градусов, когда создаются условия для конденсации радионуклидов тугоплавкой группы. Эти нуклиды захватываются расплавленными частицами грунта и диффундируют в объем частиц. После затвердевания этих частиц продолжается конденсация уже более летучих радионуклидов. Таким образом, формируется основной тип радиоактивных частиц. В периферийных зонах облака взрыва формирование радиоактивных частиц осуществляется за счет поступления в облако взрыва пыли из приземного слоя. Взаимодействие частиц пыли с продуктами взрыва происходит в зоне с более низкой температурой, частицы пыли не успевают расплавиться на всю глубину, поэтому образующиеся радиоактивные частицы обычно имеют поверхностное распределение активности.

Различие в температурах конденсации отдельных радионуклидов и их предшественников в цепочках распада приводит к сдвигу фактического соотношения количества различных радионуклидов, находящихся в радиоактивных частицах, по сравнению с их соотношением в смеси радионуклидов, образующейся в процессе деления. Это явление называется фракционированием.

Под действием газовых потоков в облаке и вблизи него формируется сложное пространственное распределение радиоактивных частиц, которое является объемным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды. При наземном взрыве этот источник представляет собой суперпозицию собственно радиоактивного облака с распределенными в нем радиоактивными частицами и газообразными продуктами взрыва и зону вне облака, сформированную выпавшими из облака радиоактивными частицами в процессе его подъема и движения по ветру. Загрязнение окружающей

среды (воздуха, объектов, поверхности земли) происходит за счет выпадения из объемного источника радиоактивных частиц. Различают три зоны выпадений:

- «след» радиоактивного облака – выпадение крупных частиц в районе, примыкающем к месту взрыва по направлению движения облака;
- тропосферные выпадения мелких частиц, простирающиеся на несколько тысяч километров от места взрыва в основном по направлению движения облака;
- глобальные выпадения мелких частиц в течение нескольких лет.

При увеличении высоты взрыва по мере уменьшения поступления грунтовых частиц в облако взрыва происходят существенные изменения состава и структуры образующихся радиоактивных частиц. Сначала уменьшается доля крупных частиц в общем составе, затем уменьшается вплоть до исчезновения весь спектр частиц на основе грунтовой пыли и растет доля частиц, образующихся в результате конденсации радиоактивных продуктов взрыва и вещества конструкции взрывного устройства

8.3.4. Особенности высотного взрыва

При высотном ядерном взрыве низкая плотность атмосферы приводит к тому, что на значительные расстояния от центра взрыва распространяются не только нейтроны и гамма-кванты, но и рентгеновские кванты. Если учесть, что рентгеновскому излучению передается значительная доля энергии взрыва, становится ясной ведущая роль этого излучения не только в формировании возмущенной области, но и в ионизации воздуха в окрестности взрыва, а также в формировании радиационных и электромагнитных эффектов в облучаемых объектах.

Процессы ионизации, протекающие в атмосфере под действием ядерного взрыва, формируются в результате действия теплового и рентгеновского излучений, нейтронов, гамма-квантов и бета-частиц, ударной волны взрыва. Время действия каждого ионизирующего агента, геометрия создаваемых им ионизированных областей, уровень ионизации в этих областях и сами процессы ионизации различны.

При взрыве вблизи поверхности земли и в плотных слоях атмосферы светящаяся область образуется в результате поглощения рентгеновского излучения и последующего распространения тепловой и ударной волн.

С ростом высоты взрыва определяющее влияние на формирование разогретой области начинает оказывать ударная волна, образующаяся в воздухе под действием плазмы продуктов взрыва. Низкая плотность воздуха на больших высотах определяет большие пространственные масштабы (до сотен километров) ионизирующего воздействия ударной волны и низкую скорость рекомбинации электронов в образующейся разогретой области.

В основе исследований взаимодействия проникающих излучений ядерного взрыва с объектом лежит задача определения детальных характеристик полей излучений внутри облучаемого объекта. Особое место в этой проблеме занимает задача определения характеристик эмиссии заряженных частиц с поверхности.

В основе физических механизмов поражающего действия рентгеновского излучения на объекты лежит передача его энергии электронам атомов конструкционных материалов и ее переход в энергию электромагнитных полей, а затем – в тепловую и механическую энергию.

Внутри объекта вдали от границы раздела сред с различным элементным составом имеет место электронное равновесие. Его следствием является линейная связь между плотностью энергии, поглощенной в какой-либо точке преграды, и плотностью потока энергии рентгеновского излучения в этой же точке. При этом для определения параметров воздействия рентгеновского излучения не обязательно учитывать перенос электронов.

Иначе обстоит дело в пространственной области, примыкающей к границе раздела сред в пределах расстояния порядка длины пробега электронов. Если интенсивности образования электронов в двух смежных средах существенно различаются, будет иметь место перенос энергии и электрического заряда из одной среды в другую. В элементах радиоэлектронной аппаратуры этот процесс обуславливает различные тепловые, зарядовые и ионизационные эффекты, которые могут привести к нарушению ее работоспособности.

Перераспределение энергии в гетерогенных материалах элементов конструкции объекта может оказать существенное влияние на параметры термомеханических процессов, что влияет на уровни разрушения объекта. Разделение зарядов в диэлектрических материалах может вызвать его растрескивание, обусловленное электрическими пробоями.

Особый интерес представляет направленный поток электронов через поверхность, который является источником электромагнитных полей. Эти поля генерируют наведенные токи и потенциалы в линиях связи и элементах радиоэлектронной аппаратуры, вызывая нарушения функционирования объектов.

При взаимодействии короткого импульса ионизирующих излучений ядерного взрыва с объектом формируется целый ряд электродинамических процессов, называемых вторичными электромагнитными эффектами. Природа образования этих эффектов едина – электромагнитное поле формируется за счет переноса и разделения зарядов, прежде всего быстрых электронов, создаваемых ионизирующим излучением при взаимодействии с веществом объекта. Однако многообразие условий облучения и различие структуры объектов создают существенные отличия в механизме формирования эффектов в каждом конкретном случае.

Падающие на объект кванты рентгеновского и гамма-излучения ядерного взрыва выбивают из внешних конструкций электроны с широкими распределениями по энергии и углу, которые создают радиационный сторонний ток у облучаемой поверхности. В свою очередь, сторонний ток создает в окрестности объекта электромагнитное поле, а во внешних конструкциях индуцирует импульсный ток.

В условиях ядерного взрыва электронные системы могут подвергаться действию комплекса радиационных и электромагнитных факторов. Радиационные факторы представляют собой набор мгновенных и длиннопериодных составляющих нейтронного, гамма- и рентгеновского излучения различного происхождения. Электромагнитные факторы включают в себя составляющие ЭМИ ядерного взрыва (радиальное и поперечное поле) и вторичные электромагнитные эффекты, генерируемые при взаимодействии ионизирующих излучений с объектом. Эти составляющие вместе с радиационным сторонним током и радиационно-наведенной проводимостью внешней и внутренней среды определяют электромагнитное действие излучений ядерного взрыва на электронные системы. Набор и характеристики воздействующих факторов зависят от условий взрыва, расстояния от него и свойств конструкции объекта и системы.

Действие излучений ядерного взрыва на электронные системы характеризуется значительной сложностью процессов и разнообразием механизмов и эффектов воздействия (ионизационных, тепловых, структурных, электродинамических и др.). Это обусловлено специфическими характеристиками воздействующих факторов, разнообразием конструкций и принципов работы элементов систем, наличием электрических связей между элементами, узлами и устройствами. Результат действия излучений на систему в целом определяется во многих случаях совокупной реакцией элементов и при одном и том же воздействии существенно зависит от конструкции системы и состава используемых элементов.

8.4. Возможности ядерных технологий для решения некоторых фундаментальных задач

В данном разделе мы кратко рассмотрим некоторые фундаментальные задачи, решения которых связывались с возможностями использования ядерных взрывов. К этим работам, в частности, относились:

- использование ядерных взрывов для ракетного двигателя;
- использование ядерных взрывов для борьбы с астероидной опасностью;
- использование ядерных взрывов для изменения климата.

Эти направления исследований были впервые определены в США в рамках анализа возможных применений ядерных взрывов. В СССР эти направления работ также вызвали интерес в различные периоды времени. Так, например, задача создания ядерного взрывного ракетного двигателя достаточно интенсивно обсуждалась в период первого моратория на ядерные испытания в 1958–1961 годах.

8.4.1. Разработка в США ядерного взрывного двигателя

Поскольку работы по исследованию возможности создания ядерного взрывного двигателя находились в рамках режимных ограничений, то мы изложим в этом разделе некоторые данные по программе исследований, проводившихся в США. По этим работам имеется достаточно много открытой информации, позволяющей представить существо проблемы.

Работы по исследованию в США возможностей ядерного взрывного двигателя были сконцентрированы в рамках проекта Orion. Этот проект является хорошей иллюстрацией усилий ученых и инженеров по использованию энергии ядерных взрывов в нетрадиционных областях. Проект представлял собой разработку космического корабля, который двигался бы за счет энергии взрывов ядерных бомб. Эти взрывы должны были толкать специальную платформу, размещенную сзади корабля, и таким образом ускорять его. Несмотря на очевидные проблемы безопасности запусков таких кораблей с Земли, было проработано значительное количество вариантов этой концепции. Исследования проводились в период с 1958 до 1965 год. Конец этого проекта неизвестен, однако Orion никогда не летал. Несмотря на внешнюю абсурдность этой идеи, многие выдающиеся физики работали над этим проектом, и они были уверены, что в принципе он может быть практически реализован.

Важные конкурирующие исследования проводились по изучению возможностей использования ядерных реакторов для ракетных двигателей.

Отдельные работы, известные как проект ROVER (позднее – проект NERVA), были связаны с исследованиями возможности создания ядерного реактора для ракетного двигателя, предполагавшего как военное, так и гражданское применение. Первоначально эта возможность рассматривалась применительно к МБР, затем – к созданию второй стадии двигателя для лунной программы и для программы полета людей на Марс. На Невадском полигоне в период с 1959 по 1969 год в рамках этих работ был проведен 21 эксперимент с ядерными реакторами. 21 января 1965 года специальный реактор был целенаправленно разрушен, что позволило откалибровать модели его поведения в условиях быстрого энергетического нагружения. Программа находилась в списке национальных приоритетов, и работы по ней шли в период с 1961 по 1973 год.

Идея «атомного двигателя» возникла в общем виде в 30-е годы XX века. По-видимому, Станислав Улам и Фредерик де Хоффман впервые провели серьезные исследования по проблеме атомного двигателя для космических полетов в 1944 году, когда они работали по проекту «Манхэттен». В течение четверти века КАЭ США, а затем Министерство энергетики рассматривали различные проекты ядерных двигателей для ракет, известные как Dumbo, Kivi, Pluto, кульминацией которых был проект NERVA. Основная идея, лежавшая в основе этих проектов, состояла в нагреве рабочего вещества при его прохождении через ядерный реактор с последующим его расширением и выходом через сопло. Хотя эта идея весьма проста, инженерные проблемы по ее осуществлению были исключительно сложными. Одной из характеристик ракетных двигателей является специфический «импульс»

$Isp \sim F / \frac{dm}{dt}$, определяемый как отношение приложенной силы (в кг) к количеству (кг) продуктов сгорания, выходящих за единицу времени (сек). Если J – импульс, приобретаемый аппаратом, то $dJ \sim Isp \cdot dm$, так что Isp определяет эффективность использования массы «продуктов сгорания» для ускорения аппарата. Для лучших ракет на химическом топливе (криогенные кислородно-водородные двигатели) величина Isp составляет около 450 секунд. В проекте NERVA удавалось только удвоить эту величину, несмотря на огромное потенциальное превосходство калорийности ядерного горючего. Основные проблемы были связаны с тем, что реактор работает при постоянной температуре, и эта температура ограничена температурой плавления основных материалов (около 3000°C).

В 50-е годы было предложено значительное количество проектов, в которых пытались обойти температурное ограничение и более основательно использовать огромную мощность атомной бомбы. Компания Martin проектировала ядерный импульсный ракетный двигатель на основе «камеры сгорания» диаметром в 40 м. В этой камере должны были взрываться небольшие атомные бомбы с энерговыделением в 0,1 кт со скоростью один взрыв в сек. В камеру должна была также поступать вода, которая использовалась как рабочее вещество ракетного двигателя. Подобный двигатель обладал $Isp = 1150$ секунд и мог создавать максимальную скорость в 8 км/с. Предполагалось, что до высоты в 240 км аппарат будет выводиться ракетами на химическом топливе. Подобный проект рассматривался в это время и в LLNL; он известен под названием проект Helios.

В секретной работе 1955 года Станислав Улам и Корнелиус Эверетт исключили из проекта камеру сгорания. Вместо этого бомбы выбрасывались в пространство после специальных разгоняющих дисков. Взрывы испаряли эти диски, и образующаяся плазма ударяла по толкающей платформе, на которой размещался космический аппарат. Преимущество этой системы состояло в том, что она не накладывала ограничений на взрывы, предполагая, что в ней могут быть использованы бомбы с относительно большим энерговыделением. Такие системы не имели исходных (заложенных в них по существу) ограничений по температуре или мощности энерговыделения. Улам, по-видимому, использовал возможности наземных ядерных испытаний на атолле Эниветак, когда в 10 метрах от центра взрыва размещались стальные сферы с графитовым покрытием. Эти сферы были найдены после взрыва сохранившимися, при этом с них был унесен тонкий слой графита.

Проект Orion был следующим шагом в реализации этих идей. Он появился в 1958 году в компании General Atomic. Эта компания была основана Фредериком де Хоффманом для производства коммерческих ядерных реакторов. Руководителем проекта был Теодор Тейлор, один из ветеранов военных программ Лос-Аламоса. Де Хоффман убедил принять участие в проекте Фримена Дайсона, известного теоретика из Принстона.

Специальностью Тейлора в Лос-Аламосе было исследование эффектов ядерного взрыва. Он был специалистом по ядерным зарядам, имевшим относительно небольшую мощность, в то время когда магистральной линией было создание зарядов с очень большим энерговыделением. Он также знал о технологиях направленного взрыва, когда продукты взрыва разлетаются преимущественно в одном направлении. Тейлор использовал идею Улама о «толкающей платформе», но вместо разгоняющих дисков он предложил использовать вещество для разгона и ядерный заряд в едином модуле. В качестве разгоняющего вещества предполагалось использовать пластик, вероятно, полиэтилен. Преимущество системы с «толкающей платформой» состояло в том, что в ней одновременно можно было произвести мощный толчок и обеспечить высокую скорость. Эффективность *Isp* составляла в ней более 10000 секунд. Сила, воздействующая на платформу, была огромной, и она порождала неприемлемые перегрузки для пилотируемого аппарата. Поэтому между платформой и собственно аппаратом размещалась зона для гашения ударных волн.

В рамках проекта Orion было построено несколько моделей для испытаний платформы из алюминия; вопрос состоял в том, выдержит ли она быстрый рост температуры и давления, создаваемых химическими взрывами. Некоторые испытания были неудачными, но в ноябре 1959 года состоялся 100-метровый полет платформы, обеспеченный шестью последовательными взрывами, который был удачным и продемонстрировал, что импульсный режим полета может быть стабильным. В экспериментах было показано также, что платформа может иметь профилированную толщину (толще в центре, тоньше по краям) для получения максимума эффективности при минимуме веса.

Сохранность и долговременность работы платформы были одним из главных условий. Облако расширяющейся плазмы взрыва могло иметь температуру в десятки тысяч градусов, даже когда взрыв происходил на расстоянии около 100 м от платформы. В некоторых вариантах проект предусматривал нанесение между взрывами на поверхность платформы защитного слоя (вероятно, на основе графита). Неизвестно, сохранился ли этот подход в поздних версиях проекта Orion. Специальные эксперименты проводились по изучению процессов разрушения взрывами платформы с помощью применения взрывных плазменных генераторов на основе гелия. Эксперименты показали, что платформа подвергалась воздействию максимальных температур в течение одной миллисекунды от действия каждого взрыва, и что абляция захватывала только тонкий поверхностный слой платформы. Воздействие высоких температур было столь кратковременным, что поток тепла в платформу был невелик и специального охлаждения платформы, по-видимому, не требовалось. Эксперименты показали, что такие материалы, как алюминий или сталь, подходят для изготовления платформы.

Правительство США на ранних стадиях проекта Orion проявило к нему интерес и его агентство APRA в составе Министерства обороны согласилось его финансировать в 1958 году с начальным уровнем в один миллион долларов в год.

Тейлор и Дайсон были убеждены, что подход NASA к проблеме запуска космических кораблей являлся неправильным. Ракеты на химическом топливе были очень дорогими, имели крайне ограниченную полезную нагрузку и не могли использоваться для полетов за пределы Луны.

Тейлор первоначально предполагал возможность наземного запуска корабля Orion, вероятно, с территории Невадского полигона. Корабль был похож на наконечник пули высотой в 16 этажей с платформой в 40 м в диаметре. Интуитивно казалось, что чем больше будет платформа, тем более эффективной будет система.

В 1959 году администрация США приняла решение, что все гражданские проекты, связанные с космосом, регулируются правительством, и что ВВС США отвечают за все проекты, связанные с военными применениями в космосе. APRA прекратила поддержку проекта Orion, поскольку он не имел отношения к решению военных задач, а NASA в 1959 году приняло стратегическое решение о том, что космические программы должны быть неядерными (по крайней мере, в ближайшем будущем). В конце концов, ВВС США решили поддержать проект Orion, но только в том случае, если для него будет найдено военное применение.

Обсуждалось, что корабль Orion мог бы использоваться как военная платформа,двигающаяся по орбите, проходящей через полюса. В этом случае со временем она оказалась бы над любой точкой земной поверхности. Его преимуществом было также то, что он мог обеспечить собственную защиту (благодаря большой полезной нагрузке) против ракетной атаки противника. Эта идея имела конкурентов в виде проекта использования «обычных спутников» в качестве носителей оружия. Вместе с тем, как США, так и СССР, разворачивали в это время МБР, способные доставить к цели за 15 минут заряды с энерговыделением в несколько Мт, и вопросы о разворачивании в космосе платформ с ядерными боеголовками стали неактуальными.

После смены администрации новое руководство Министерства обороны США прекратило поддержку проекта, так как было уверено в том, что он не имеет военного значения. Некоторая поддержка ему была оказана в NASA, так как проект Orion заинтересовал Вернера фон Брауна. Однако в NASA продолжала действовать стратегия об использовании в космосе ядерных технологий, а деятельность самого этого агентства была очень «прозрачной» и доступной для критики. Кроме того, в 1963 году был заключен Московский договор о запрещении ядерных испытаний в атмосфере, в космосе и под водой, и, с точки зрения международного права, проект Orion стал «незаконной» программой. В 1964 году проект Orion был закрыт.

8.4.2. Возможности использования ядерных взрывов для борьбы с астероидной опасностью

Одним из направлений исследований нетрадиционного использования энергии ядерного взрыва, которые также проводились в ядерных центрах СССР (и сейчас продолжаются в России), являлся вопрос о противодействии угрозе столкновения крупного космического тела (астероида) с Землей. Это сложная многоплановая проблема, в которой здесь мы затронем только некоторые аспекты, связанные собственно с использованием ядерных устройств. После идентификации факта угрозы проблема сводится в основном к обеспечению необходимого сдвига орбиты космического тела или его фрагментации. Рассматривались различные варианты воздействия энергии ядерного взрыва на космическое тело. Одним из механизмов воздействия предполагалось создание взрывом достаточного импульса для необходимого изменения орбиты. При этом исследовались варианты взрыва ядерного устройства на некоторой высоте над поверхностью космического тела с испарением и уносом тонкого слоя массы, формирующего импульс на значительных расстояниях от взрыва. В этом случае прогрев уносимой массы определяется фотопоглощением энергии излучения ядерного взрыва в холодном материале («холодный режим»). В других случаях подрыв ядерного устройства рассматривался на поверхности космического тела, когда испарение и унос материала реализуются в условиях процесса лучистой теплопроводности («горячий режим»).

Интегральный импульс, создаваемый излучением ядерного взрывного устройства и передаваемый космическому телу в первом варианте приподнятого подрыва, может быть оценен соотношением:

$$J = \int ds \int dm \sqrt{2 \frac{\varepsilon_0 \mu_e}{v} e^{-\frac{m \mu_e}{v}} - Q},$$

где $\varepsilon_0 = \frac{E_0}{4\pi R^2} v$ – местный поток энергии излучения на поверхности в единицу мощности;

$v = \cos \theta$, где θ – угол между нормалью к поверхности и направлением на центр взрыва; μ_e – эф-

эффективный коэффициент поглощения энергии излучения в теле объекта, определяемый материалом тела и спектром излучения; Q – теплота испарения материала тела; E_0 – энергия излучения ядерного устройства.

В предположении взрыва на высоте h над центром плоской поверхности тела в виде круга с радиусом R

$$J = \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{E_0}{\mu_e}} h \cdot \ln \left(1 + \frac{R^2}{h^2} \right)$$

с максимумом функции при $h \sim 0,5R$.

Величина интегральной испаряемой массы со всей поверхности рассматриваемого круга может быть оценена соотношением:

$$M = \int ds m_0(\rho) = \int 2\rho ds \frac{v}{\mu_e} \ln \left(\frac{\mu_e \varepsilon_0}{Qv} \right) = \frac{2\pi h^2}{\mu_e} \sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}} \Lambda; \quad \Lambda \leq l_r \frac{\mu_e E_0}{4\pi Q(h^2 + R^2)}.$$

Рассмотрим конкретный пример скального космического объекта с характерным размером $L \approx 100$ м и объемом $V \approx 10^6$ м³. Для космического тела, состоящего из SiO₂, при интегральном выходе энергии излучения в $E_0 = 10$ Мт величина $J = 2,9 \cdot 10^{15}$ г·см/сек, и при массе тела в $M_0 = 3 \cdot 10^6$ тонн передаваемая скорость составит приблизительно 10 м/сек. Величина интегральной испаряемой массы оценивается в данном примере в $M \approx 190$ тонн, а характерная средняя скорость разлета испаренного материала составляет $v_0 = 150$ км/сек. Для сдвига орбиты на величину порядка радиуса Земли необходим ресурс времени после производства взрыва в $\tau \approx 6,4 \cdot 10^5$ секунд $\approx 7,5$ суток. Такой ресурс представляется малореальной величиной с точки зрения возможности заблаговременного обнаружения цели и ее практического перехвата баллистической ракетой. Тем более это будет относиться к космическим телам, состоящим в основном из железа, а также – в случае уменьшения энерговыделения ядерного заряда.

При контактном подрыве ядерного устройства на поверхности космического тела, величина импульса, передаваемого этому телу вследствие прогрева его вещества тепловой волной, также зависит от конкретных предположений о параметрах излучения ядерного заряда и характеристиках материала. В целом эта величина не превосходит величины импульса, получаемого в «холодном режиме», и в некоторых конкретных вариантах может быть, например, на порядок меньше ее.

В этом случае, однако, важное значение имеет процесс механического разрушения космического тела, связанный с образованием воронки выброса вещества. Уже при мощности взрыва 1 Мт величина радиуса воронки выброса может быть оценена в $R_c \sim 100$ м при ее глубине $h_c \sim 30$ –40 м с объемом выброшенной породы в $(0,5$ – $0,6) \cdot 10^6$ м³. При этом зона значительных смещений (разрушения) породы реализуется на расстояниях до $(2$ – $2,5) \cdot R_c = 200$ –250 м. Таким образом, мы приходим к выводу, что космическое тело из скальной породы размером 200 м может быть разрушено при контактном ядерном взрыве энерговыделением $E = 1$ Мт.

При увеличении энерговыделения взрыва до 10 Мт размер разрушаемого тела возрастает до 400 м. При этом радиус воронки выброса составит $R_c \sim 200$ м, а ее глубина $h_c \sim 60$ –70 м; зона значительных смещений (разрушения) породы составит при этом (400–500) от центра взрыва.

Отметим, что перехват подобного космического тела может быть важным событием. Масса такого объекта составляет приблизительно 10^8 тонн, а его энергия, которая может выделиться при столкновении с Землей, может быть оценена на уровне от 5 до 10 Гт (при относительной скорости столкновения в 20–30 км/сек).

Следующий шаг в направлении повышения эффективности использования энергии ядерного взрыва для разрушения космических тел может быть связан с исследованием возможности производства заглубленных ядерных взрывов, причем процесс заглубления обеспечивался специальной конструкцией корпуса боеголовки, содержащей ядерный заряд. При уровне энерговыделения ядерного устройства в 1 Мт характерный размер зоны дробления породы составляет до 250 м в скальном грунте, а зона разрушения, связанная с созданием трещин, составляет до 500 м от центра взры-

ва. В предположении, что вся энергия взрыва может быть преобразована в кинетическую энергию разлета фрагментов разрушенного космического тела, можно оценить характерную скорость их разлета в данном примере на уровне 100 м/сек.

8.4.3. Проблема использования ядерных взрывов для изменения климата

В США рассматривался вопрос о принципиальных возможностях использования ядерных взрывов для изменения климата. Следует отметить, что результаты рассмотрения не выявили какой-либо проект, имеющий безусловную пользу и не имевший негативных или неопределенных последствий. Ряд предложений был связан с проведением подводных экскавационных работ для изменения движения океанических течений. К таким возможностям можно было отнести перекрытие пролива Белл-Айл, по которому протекают воды холодного Лабрадорского течения к северо-восточному побережью США. Среди проектов, которые могли бы заинтересовать СССР, рассматривался вопрос о возможном перекрытии Татарского пролива, через который текут холодные воды из Охотского моря к побережью Приморского края. К гипотетическим проектам относились принципиальные возможности перекрытия Гибралтарского пролива, что могло повысить пресноводность Средиземного моря и позволить обводнить Сахару.

Другие возможности климатических изменений могли быть связаны с разрушением ядерными взрывами части ледового покрова Северного Ледовитого океана, что должно было привести к уменьшению отражения солнечной радиации и усилению таяния льда. Обсуждался вопрос о том, не приведет ли это к своего рода самоускоряющемуся процессу, в итоге которого океан освободится ото льда и станет судоходным.

9. ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ И ДОГОВОР О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В СССР ядерные взрывы в мирных целях проводились в рамках масштабной программы работ в интересах решения различных хозяйственных задач. Международное признание возможностей использования ядерных взрывов в мирных целях зафиксировано в тексте Договора 1968 года о нераспространении ядерного оружия, где подчеркивается, что добровольный отказ государств от создания и приобретения ядерного оружия не должен препятствовать их доступу к использованию возможностей ядерных взрывов в мирных целях.

К настоящему времени отношение международного сообщества к ядерным взрывам в мирных целях существенно изменилось. Для этого имеется ряд причин:

- во-первых, в практике международного сотрудничества не было случаев применения мирных ядерных взрывов в интересах неядерных государств в соответствии с возможностями, предоставляемыми Договором о нераспространении;
- во-вторых, отработка технологии проведения отдельных ядерных взрывов, в том числе мирных, была связана иногда с частичным выходом радиоактивных веществ в окружающую среду, что, с одной стороны, требовало улучшения технологии, а с другой стороны, содействовало созданию атмосферы неприятия общественностью ядерных взрывов вообще, и мирных взрывов, в частности;
- в-третьих, программа США ядерных взрывов в мирных целях оказалась достаточно скромной по своему объему (27 мирных ядерных взрывов или 2,6% от общего числа ядерных испытаний) и по своим результатам, что привело к ее свертыванию в 1973 году. СССР проводил более масштабную программу подобных работ (124 мирных ядерных взрыва или 17,3% от общего числа ядерных испытаний) и продолжал ее вплоть до 1988 года.

Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, заключенный осенью 1996 года и к настоящему времени подписанный подавляющим большинством государств, запрещает проведение испытаний ядерного оружия или любые другие ядерные взрывы.

Согласно статье VIII договора предусматривается проведение каждые десять лет конференций по рассмотрению его действия. На таких конференциях по просьбе любого участника договора на основе согласия может быть принята рекомендация о внесении поправки к договору, которая разрешала бы проведение ядерных взрывов в мирных целях, но при исключении получения военных выгод от такого взрыва.

Таким образом, для демонстрации преимуществ ЯВТ, а тем более ее реализации, необходимо выполнить тщательное обоснование на государственном уровне и предъявить международному сообществу проект на экспертизу. Используя институциональные возможности и обязанности МАГАТЭ, можно юридически ставить вопрос перед участниками ДВЗЯИ о проведении технологического эксперимента, например, под эгидой МАГАТЭ и под международным контролем.

Вопросы гарантий неиспользования ядерных взрывов в мирных целях для решения параллельных военных задач могут быть решены с полной убедительностью. Для этого достаточно договориться, например, о том, что ядерные взрывы в мирных целях будут проводить не индивидуальные ядерные государства, а международный орган, представляющий интересы и обеспечивающий контроль над проведением таких взрывов со стороны всех ядерных государств. В этом случае будет гарантировано отсутствие военной деятельности в случае достижения согласия в этом вопросе по каждому конкретному технологическому взрыву всех ядерных государств. В то же время, наличие такого контроля будет находиться в согласии с обеспечением гарантий нераспространения ядерного оружия.

Наиболее деликатный вопрос относительно используемых ядерных взрывных устройств может быть разрешен при этом следующим образом:

- ядерное государство, проводящее технологический взрыв, предоставляет Контролирующему международному органу ядерных государств полную информацию и полный доступ к используемому взрывному устройству, что должно быть достаточным для гарантий отсутствия в эксперименте решения военных задач (разумеется, в этом случае научно-технический облик конкретного взрывного устройства должен удовлетворять обеспечению этих условий);
- ядерные устройства для технологических взрывов специально создаются коллективным органом из представителей всех ядерных государств, что гарантирует отсутствие возможностей использования этих работ в интересах какого-либо одного ядерного государства и обеспечивает коллективный международный контроль за отсутствием военных интересов.

Такой подход позволит также эффективно решить вопросы международной экспертизы по экологической безопасности технологического взрыва и международного контроля обеспечения экологической безопасности во время и после проведения технологического взрыва. Представляется возможным широкое привлечение неядерных государств к обсуждению целей экспериментов, элементов редакции экспериментов, инспекционным работам на стадии подготовки экспериментов, экологическим экспертизам и экологическому контролю, то есть ко всему комплексу работ, не связанному прямо с технологическим взрывным устройством.

Необходимо учитывать возможность, что контролирующими представителями ядерных государств могут быть компетентные технические специалисты, временно делегированные в Международный контролирующий орган, в который будут входить также и представители третьих стран. В этом случае юридическое заключение об отсутствии военного назначения будет заключением международного органа, основанном на анализе его собственных экспертов.

Отметим, что практически с самого начала переговорного процесса по запрещению ядерных испытаний одновременно обсуждалась проблема мирных ядерных взрывов. В частности, в 1958 году Соединенные Штаты предложили Советскому Союзу, чтобы Контрольная комиссия по запрещению ядерных испытаний была уполномочена осуществлять инспекции и давать разрешение на проведение ядерных взрывов в мирных целях. Для исключения возможности использования «мирных» ядерных устройств для развития ядерного оружия специалисты американских лабораторий предложили несколько различных вариантов:

- организацию международного хранилища ЯЗ, куда ядерные страны заранее поместят ядерные заряды, предназначенные для использования в мирных целях;
- использование американских ядерных зарядов, когда «мирные» взрывы проводит СССР и наоборот;
- проведение ядерных взрывов в мирных целях под контролем ООН.

На переговорах по всеобъемлющему запрещению ядерных испытаний, проходивших с 1994 по 1996 год, только Китай последовательно отстаивал идею сохранения мирных ядерных взрывов в тексте Договора. Однако в июле 1996 года он согласился снять свое предложение для ускорения заключения ДВЗЯИ, признавая, что на последующих конференциях по рассмотрению выполнения Договора можно будет вновь вернуться к обсуждению этого вопроса.

ПРИЛОЖЕНИЕ К ГЛАВЕ 5. МИРНЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗРЫВЫ СССР. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕРЕСАХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

В СССР, начиная с 1965 года, была реализована обширная программа использования ядерных взрывов в интересах народного хозяйства. В связи с тем, что из 124 мирных ядерных взрывов 117 взрывов было проведено вне границ ядерных полигонов, в прилагаемой таблице приведена отдельно хронология всех ядерных взрывов в интересах народного хозяйства (исключая испытания для отработки самих промышленных зарядов, которые производились на ядерных полигонах). Все ядерные взрывы в мирных целях проводились под землей; поэтому по классификации все они относятся к подземным ядерным взрывам в мирных целях.

Таблица 5.7. Мирные ядерные взрывы СССР

	Дата	Место проведения	Условия проведения	Мощность, кт	Глубина заложения, м	Примечания
1965 год						
1	15.01.65	СИП	«Чаган» скважина 1004	140	178	Первый промышленный взрыв; первое ЯИ СИП в скважине; взрыв на выброс; создание водохранилища.
2	30.03.65	Башкирская АССР, РСФСР	«Бутан-1» скважина 617 «Бутан-2» скважина 618	2,3 2,3	1341	Первый групповой взрыв в двух скважинах; первый ЯВ в программе интенсификации добычи нефти
3	10.06.65	Башкирская АССР, РСФСР	«Бутан» скважина 622	7,6	1350	Интенсификация добычи нефти.
4	14.10.65	СИП	Сары-Узень скважина 1003	1,1	48	Второй ЯВ на выброс; создание воронки выброса
1966 год						
5	22.04.66	Азгир, Казахская ССР	скважина А-I	1,1	161	Первый ЯВ на площадке Азгир; первый ЯВ по созданию полостей в каменной соли
6	30.09.66	Урта-Булак, Узбекская ССР	скважина 1-с	30	1532	Первое применение ЯВ для перекрытия скважин газовых фонтанов
1967 год						
7	06.10.67	Тюменская обл., РСФСР	«Тавда» скважина	0,3	172	Создание емкостей
1968 год						
8	21.05.68	Памук, Узбекская ССР	скважина	47	2440	Перекрытие скважин газовых фонтанов
9	01.07.68	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II	27	600	Создание полостей
10	21.10.68	СИП	«Телькем» скважина 2308	0,24	31,4	Третий ЯВ на выброс; создание водохранилищ
11	12.11.68	СИП	«Телькем-2» скважина 2305	0,24	31,4	Четвертый ЯВ на выброс; создание водохранилищ и траншей
			«Телькем-2» скважина 2306	0,24	31,4	
			«Телькем-2» скважина 2307	0,24	31,4	

	Дата	Место проведения	Условия проведения	Мощность, кт	Глубина заложения, м	Примечания
1969 год						
12	02.09.69	Пермская обл., РСФСР	«Грифон» скважина 1001	7,6	1212	Интенсификация добычи нефти
13	08.09.69	Пермская обл., РСФСР	«Грифон» скважина 1002	7,6	1208	Интенсификация добычи нефти
14	26.09.69	Тахта-Кугульта, Ставропольский край, РСФСР	скважина	10	712	Применение ЯВ для интенсификации газодобычи
15	06.12.69	Мангышлак, Казахская ССР	скважина 2-Т	30	407	
1970 год						
16	25.06.70	Оренбургская обл., РСФСР	«Магистраль» скважина 1Т-2С	2,3	702	Первый ЯВ для создания емкостей для хранения газа
17	12.12.70	Мангышлак, Казахская ССР	скважина 6Т	80	470	
18	23.12.70	Мангышлак, Казахская ССР	скважина 1-Т	75	497	
1971 год						
19	23.03.71	Пермская обл., РСФСР	«Тайга» скважина 1Б скважина 2Б скважина 3Б	15 15 15	128 128 128	Пятый ЯВ на выброс; создание траншей
20	09.04.71	СИП	штольня 148/1	0,23		Самозахоронение
21	02.07.71	Коми АССР, РСФСР	«Глобус» скважина ГБ-4	2,3	542	Первый ЯВ в программе сейсмозондирования
22	10.07.71	Коми АССР, РСФСР	«Глобус» скважина ГБ-3	2,3	465	Сейсмозондирование
23	19.09.71	Ивановская обл., РСФСР	«Глобус» скважина ГБ-1	2,3	610	Сейсмозондирование
24	04.10.71	Архангельская обл., РСФСР	«Глобус» скважина ГБ-2	2,3	595	Сейсмозондирование
25	22.10.71	Оренбургская обл., РСФСР	«Сапфир» скважина Е-2	15	1140	Создание емкостей для хранения газа
26	22.12.71	Азгир, Казахская ССР	скважина А-III	64	986	Создание полостей
1972 год						
27	11.04.72	Мары, Туркменская ССР	«Кратер» скважина	15	1720	Перекрытие скважин газовых фонтанов
28	09.07.72	Украинская ССР	«Факел» скважина	3,8	2483	Перекрытие скважин газовых фонтанов
29	20.08.72	Казахская ССР	«Регион» скважина Р-3	6,6	489	Сейсмозондирование
30	04.09.72	Мурманская обл., РСФСР	«Днепр-1» штольня	2,1	131	Первый ЯВ по отработке технологии дробления руды
31	21.09.72	Оренбургская обл.	«Регион» скважина Р-1	2,3	485	Сейсмозондирование
32	03.10.72	Калмыцкая АССР, РСФСР	«Регион» скважина Р-4	6,6	485	Сейсмозондирование
33	24.11.72	Оренбургская обл., РСФСР	«Регион» скважина Р-2	2,3	675	Сейсмозондирование
34	24.11.72	Казахская ССР	«Регион» скважина Р-5	6,6	423	Сейсмозондирование

	Дата	Место проведения	Условия проведения	Мощность, кт	Глубина заложения, м	Примечания
1973 год						
35	15.08.73	Казахская ССР	«Меридиан» скважина МН-3	6,3	600	Сейсмозондирование
36	28.08.73	Казахская ССР	«Меридиан» скважина МН-1	6,3	395	Сейсмозондирование
37	19.09.73	Казахская ССР	«Меридиан» скважина МН-2	6,3	615	Сейсмозондирование
38	30.09.73	Оренбургская обл., РСФСР	«Сапфир» скважина Е-3	10	1145	Создание емкостей для хранения газа
39	26.10.73	Башкирская АССР, РСФСР	«Кама-2» скважина	10	2026	Первое ЯВ по захоронению нефтехимических промышленных стоков
1974 год						
40	08.07.74	Башкирская АССР, РСФСР	«Кама-1» скважина	10	2123	Захоронение промышленных стоков
41	14.08.74	Тюменская обл., РСФСР	«Горизонт» скважина Г-2	7,6	534	Сейсмозондирование
42	29.08.74	Коми АССР, РСФСР	«Горизонт» скважина Г-1	7,6	583	Сейсмозондирование
43	02.10.74	Якутская АССР, РСФСР	«Кристалл» скважина	1,7	98	Создание плотины-«хвостохранилища»
44	07.12.74	СИП	«Лазурит» скважина Р-1	1,7	75	Сброс грунта для строительства плотин
45	16.12.74	СИП	штольня 148/5	3,8		Самозахоронение
1975 год						
46	25.04.75	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II-2	0,35	600	Первый повторный ЯВ в полости массива каменной соли, сформированной ЯВ
47	12.08.75	Якутская АССР, РСФСР	«Горизонт» скважина Г-4	7,6	496	Сейсмозондирование
48	29.09.75	Красноярский край, РСФСР	«Горизонт» скважина Г-3	7,6	834	Сейсмозондирование
1976 год						
49	29.03.76	Азгир, Казахская ССР	скважина А-III-2	10	986	Повторный ЯВ в полости массива каменной соли
50	29.07.76	Азгир, Казахская ССР	скважина А-IV	58	1000	Создание полостей
51	05.11.76	Якутская АССР, РСФСР	«Ока» скважина 42	15	1522	Интенсификация добычи нефти
1977 год						
52	26.07.77	Красноярский край, РСФСР	«Метеорит» скважина М2	15	850	Сейсмозондирование
53	11.08.77	Читинская обл., РСФСР	«Метеорит» скважина М5	8,5	494	Сейсмозондирование
54	21.08.77	Красноярский край, РСФСР	«Метеорит» скважина М3	8,5	600	Сейсмозондирование
55	10.09.77	Иркутская обл., РСФСР	«Метеорит» скважина М4	7,6	550	Сейсмозондирование
56	30.09.77	Азгир, Казахская ССР	скважина А-V	10	1500	Создание полостей
57	14.10.77	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II-3	0,1	600	Повторный ЯВ в полости массива каменной соли
58	30.10.77	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II-4	0,01	600	Повторный ЯВ в полости массива каменной соли

	Дата	Место проведения	Условия проведения	Мощность, кт	Глубина заложения, м	Примечания
1978 год						
59	09.08.78	Якутская АССР, РСФСР	«Кратон» скважина КР-4	22	567	Сейсмозондирование
60	24.08.78	Якутская АССР, РСФСР	«Кратон» скважина КР-3	22	577	Сейсмозондирование
61	12.09.78	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II-5	0,08	600	
62	21.09.78	Красноярский край, РСФСР	«Кратон» скважина КР-2	15	886	Сейсмозондирование
63	08.10.78	Якутская АССР, РСФСР	«Вятка» скважина 43	15	1545	Интенсификация добычи нефти
64	17.10.78	Азгир, Казахская ССР	скважина А-VII скважина А-VII	20 – 150 0,001 – 20		Первый групповой ЯВ на площадке Азгир (суммарное энерговыделение составило 73 кт); создание полостей
65	17.10.78	Тюменская обл., РСФСР	«Кратон» скважина КР-1	22	593	Сейсмозондирование
66	30.11.78	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II-6	0,06	600	Повторный ЯВ в полости массива каменной соли
67	18.12.78	Азгир, Казахская ССР	скважина А-IX	103	630	Создание полостей
1979 год						
68	10.01.79	Азгир, Казахская ССР	скважина А-II-7	0,5	600	Повторный ЯВ в полости массива каменной соли
69	17.01.79	Азгир, Казахская ССР	скважина А-VIII скважина А-VIII	0,001 – 20 20 – 150		Суммарное энерговыделение – 65 кт; создание полостей
70	14.07.79	Азгир, Казахская ССР	скважина А-XI скважина А-XI скважина А-XI	0,001 – 20 0,001 – 20 0,001 – 20		Суммарное энерговыделение -21 кт; создание полостей
71	12.08.79	Якутская АССР, РСФСР	«Кимберлит» скважина КМ-4	8,5	982	Сейсмозондирование
72	06.09.79	Красноярский край, РСФСР	«Кимберлит» скважина КМ-3	8,5	599	Сейсмозондирование
73	16.09.79	Украинская ССР	«Кливаж» шахта	0,3	903	Предупреждение выбросов газов в угольных пластах
74	04.10.79	Тюменская обл., РСФСР	«Кимберлит» скважина КМ-1	22	837	Сейсмозондирование
75	08.10.79	Якутская АССР, РСФСР	«Шексна» скважина 47	15	1545	Интенсификация добычи нефти
76	24.10.79	Азгир, Казахская ССР	скважина А-X скважина А-X	0,001 – 20 20 – 150		Последний ЯВ на площадке Азгир (суммарное энерговыделение – 33 кт); создание полостей
1980 год						
77	16.06.80	Башкирская АССР, РСФСР	«Бутан-2». скважина 1	3,2	1400	Интенсификация добычи нефти
78	25.06.80	Башкирская АССР, РСФСР	«Бутан-2» скважина 3	3,2	1390	Интенсификация добычи нефти
79	08.10.80	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 1Т	8,5	1050	Создание емкостей для хранения газа
80	01.11.80	Красноярский край, РСФСР	«Батолит» скважина БТ-1	8	720	Сейсмозондирование
81	10.12.80	Тюменская обл., РСФСР	«Ангара» скважина	15	2485	Интенсификация добычи нефти

	Дата	Место проведения	Условия проведения	Мощность, кт	Глубина заложения, м	Примечания
1981 год						
82	25.05.81	Архангельская обл., РСФСР	«Пирит» скважина	37,6	1511	Перекрытие скважин газовых фонтанов
83	02.09.81	Пермская обл., РСФСР	«Гелий» скважина 401	3,2	2088	Интенсификация добычи нефти
84	26.09.81	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 2Т/2	8,5	1050	Создание емкостей для хранения газа
85	26.09.81	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 4Т/2	8,5	1050	Создание емкостей для хранения газа
86	22.10.81	Красноярский край, РСФСР	«Шпат» скважина ШП-2	8,5	581	Сейсмозондирование
1982 год						
87	31.07.82	Иркутская обл., РСФСР	«Рифт» скважина РФ-3	8,5	554	Сейсмозондирование
88	04.09.82	Красноярский край, РСФСР	«Рифт» скважина РФ-1	16	960	Сейсмозондирование
89	25.09.82	Красноярский край, РСФСР	«Рифт» скважина РФ-4	8,5	554	Сейсмозондирование
90	10.10.82	Якутская АССР, РСФСР	«Нева» скважина 66	15	1502	Интенсификация добычи нефти
91	16.10.82	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 3Т	13,5	1057	Создание емкостей для хранения газа
92	16.10.82	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 5Т	8,5	1100	Создание емкостей для хранения газа
93	16.10.82	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 6Т	8,5	991	Создание емкостей для хранения газа
94	16.10.82	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 7Т	8,5	947	Создание емкостей для хранения газа
1983 год						
95	20.07.83	Казахская ССР	«Лира» скважина 1Т	15	907	Создание емкостей для хранения газа
96	20.07.83	Казахская ССР	«Лира» скважина 2Т	15	917	Создание емкостей для хранения газа
97	20.07.83	Казахская ССР	«Лира» скважина 3Т	15	841	Создание емкостей для хранения газа
98	24.09.83	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 8Т	8,5	1050	Создание емкостей для хранения газа
99	24.09.83	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 9Т	8,5	1050	Создание емкостей для хранения газа
100	24.09.83	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 10Т	8,5	950	Создание емкостей для хранения газа
101	24.09.83	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 11Т	8,5	920	Создание емкостей для хранения газа
102	24.09.83	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 12Т	8,5	1100	Создание емкостей для хранения газа
103	24.09.83	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 13Т	8,5	1100	Создание емкостей для хранения газа
1984 год						
104	21.07.84	Казахская ССР	«Лира» скважина 4Т	15	816	Создание емкостей для хранения газа
105	21.07.84	Казахская ССР	«Лира» скважина 5Т	15	844	Создание емкостей для хранения газа

	Дата	Место проведения	Условия проведения	Мощность, кт	Глубина заложения, м	Примечания
106	21.07.84	Казахская ССР	«Лира» скважина 6Т	15	955	Создание емкостей для хранения газа
107	11.08.84	Коми АССР, РСФСР	«Кварц» скважина К-2	8,5	759	Сейсмозондирование
108	25.08.84	Тюменская обл., РСФСР	«Кварц» скважина К-3	8,5	726	Сейсмозондирование
109	27.08.84	Мурманская обл., РСФСР	штольня «Днепр-2» штольня «Днепр-2»	1,7 1,7	175 175	Дробленые руды
110	28.08.84	Пермская обл., РСФСР	«Гелий». скважина 402	3,2	2065	Интенсификация добычи нефти
111	28.08.84	Пермская обл., РСФСР	«Гелий» скважина 403	3,2	2075	Интенсификация добычи нефти
112	18.09.84	Кемеровская обл., РСФСР	«Кварц» скважина К-4	10	557	Сейсмозондирование
113	27.10.84	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 14Т	3,2	1000	Создание емкостей для хранения газа
114	27.10.84	Астраханская обл., РСФСР	«Вега» скважина 15Т	3,2	1000	Создание емкостей для хранения газа
1985 год						
115	18.06.85	Тюменская обл., РСФСР	«Бензол» скважина	2,5	2860	Интенсификация добычи нефти
116	19.07.85	Архангельская обл., РСФСР	«Агат» скважина	8,5	772	Сейсмозондирование
1987 год						
117	19.04.87	Пермская обл., РСФСР	«Гелий» скважина 404	3,2	2015	Интенсификация добычи нефти
118	19.04.87	Пермская обл., РСФСР	«Гелий» скважина 405	3,2	2055	Интенсификация добычи нефти
119	07.07.87	Якутская АССР, РСФСР	«Нева» скважина 68	15	1502	Интенсификация добычи нефти
120	24.07.87	Якутская АССР, РСФСР	«Нева» скважина 61	15	1515	Интенсификация добычи нефти
121	12.08.87	Якутская АССР, РСФСР	«Нева» скважина 101	3,2	815	Интенсификация добычи нефти
122	03.10.87	Казахская ССР	«Батолит» скважина БТ-2	8,5	1002	Сейсмозондирование
1988 год						
123	22.08.88	Тюменская обл., РСФСР	«Рубин» скважина РН-2	15	829	Сейсмозондирование
124	06.09.88	Архангельская обл., РСФСР	«Рубин» скважина РН-1	8,5	820	Последний промышленный взрыв СССР; сейсмозондирование

Глава 6

Развитие ядерной инфраструктуры СССР

СОДЕРЖАНИЕ

1. СОЗДАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ	294
1.1. Начало атомного проекта	294
1.2. Создание технологической и промышленной базы атомного проекта	294
1.2.1. Разведка и добыча урана	294
1.2.2. Организация производства плутония	296
1.2.3. Организация производства высокообогащенного урана	298
1.3. Роль Госплана и НКВД в организации атомной промышленности	300
1.4. Кооперация организаций на начальной стадии атомного проекта	302
1.5. Расширение производственной инфраструктуры после испытания РДС-1	304
2. РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ	305
2.1. Организация Министерства среднего машиностроения	305
2.2. О развитии сырьевой базы Минатома	306
2.2.1. Работы по развитию технологий добычи урана	306
2.2.2. Создание и развитие горнодобывающих урановых комбинатов	308
2.3. Развитие инфраструктуры производства плутония	310
2.3.1. Производственное объединение «Маяк»	310
2.3.2. Сибирский химический комбинат	311
2.3.3. Красноярский горно-химический комбинат	312
2.4. Развитие урановых производств	313
2.4.1. Уральский электрохимический комбинат	313
2.4.2. Ангарский электролизный химический комбинат	313
2.4.3. Красноярский электрохимический завод	313
2.4.4. Кирово-Чепецкий химический комбинат	314
2.4.5. Новосибирский завод химических концентратов	314
2.4.6. Машиностроительный завод (г. Электросталь)	314
2.4.7. ПО «Чепецкий механический завод»	315
2.5. Серийное производство ядерных боеприпасов	315
2.5.1. Создание и развитие производства ядерных боеприпасов	315
2.5.2. Электромеханический завод «Авангард»	317
2.5.3. Предприятия по производству ядерных боеприпасов и их компонентов	318
2.6. Министерство обороны и атомный проект	320
2.6.1. Новоземельский испытательный полигон	320
2.6.2. Полигоны ВВС	321
2.6.3. Техническая инспекция	322
2.6.4. Специальная приемка	323
2.6.5. Обучение военных специалистов	324
2.6.6. Обеспечение безопасности ядерного оружия и Министерство обороны	324
2.7. Создание технологий производства и обращения с радиоактивными материалами	325
2.7.1. НПО «Радиовый институт» имени В.Г. Хлопина	325
2.7.2. ВНИИ неорганических материалов имени А.А. Бочвара	326
3. РЕОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ	327
3.1. Государственный Комитет СМ СССР по использованию атомной энергии	327
3.2. Создание НТС № 2	327
3.3. Преобразование МСМ в Государственный производственный комитет по среднему машиностроению	328
3.4. Министерство среднего машиностроения после 1965 года	329
3.5. Расцвет атомной отрасли в 1975–1986 годах	330

4. АТОМНАЯ ОТРАСЛЬ В КОНЦЕ 80-Х – НАЧАЛЕ 90-х ГОДОВ	330
4.1. Образование Минатома России	330
4.2. Конверсия и реформирование атомной отрасли	332
4.3. Структура Минатома в новых экономических условиях	333
4.4. Структура ядерно-оружейного комплекса Минатома России	335
4.4.1. Департамент разработки и испытаний ядерных боеприпасов.....	335
4.4.2. Федеральный ядерный центр – ВНИИ экспериментальной физики (г. Саров)	337
4.4.3. Федеральный ядерный центр – ВНИИ технической физики им. Е.И. Забабахина (г. Снежинск)	340
4.4.4. Всероссийский НИИ автоматики им. Н.Л. Духова.....	340
4.4.5. Центр ядерного приборостроения – НИИ импульсной техники.....	342
4.4.6. НИИ измерительных систем.....	343
4.4.7. Институт стратегической стабильности	343
4.5. Национальная система контроля в целях нераспространения ядерного оружия	343
4.5.1. Общие подходы к обеспечению защиты ядерных материалов и объектов.....	343
4.5.2. Создание системы обеспечения атомной отрасли техническими средствами безопасности.....	344
4.6. Министры атомной отрасли	346
4.7. Кадровая политика атомной отрасли.....	347
4.8. Планы по сокращению ядерно-оружейного комплекса.....	348

1. СОЗДАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

1.1. Начало атомного проекта

Организационные основы атомного проекта СССР были заложены серией Постановлений Государственного Комитета Обороны в 1942–1945 годах. Можно выделить два главных этапа: первый – подготовительный (сентябрь 1942 года – июль 1945 года), второй – решающий (август 1945 года – август 1949 года). Первый этап начинается с Распоряжения ГКО №2352 от 28 сентября 1942 года «Об организации работ по урану». На этом этапе решающую роль сыграли данные разведки. Итогом первого этапа было осознание важности и реальности создания атомной бомбы.

Начало второму этапу положили американские бомбардировки японских городов Хиросимы и Нагасаки 6 и 9 августа 1945 года. В СССР были приняты чрезвычайные меры для форсирования работ по атомному проекту. 20 августа 1945 года Сталин подписал Постановление Государственного Комитета Обороны № 9887 «О Специальном Комитете при ГОКО», который состоял из ключевых фигур партийного и государственного аппарата. Председателем Комитета был назначен заместитель председателя Совета Народных Комиссаров, член ГОКО Л.П. Берия. «На Специальный Комитет при ГОКО возлагалось все руководство работами по использованию внутриатомной энергии урана». После упразднения ГОКО в сентябре 1945 года Специальный Комитет стал функционировать как орган при Совете Народных Комиссаров СССР, а с марта 1946 года, после преобразования СНК СССР в Совет Министров СССР, как орган при Совмине СССР.

На Специальный Комитет, помимо ключевой задачи организации разработки и производства атомных бомб, была возложена организация всей деятельности по использованию атомной энергии в СССР: научно-исследовательские работы, разведка месторождений добычи урана, создание атомной промышленности, атомных энергетических установок и атомного приборостроения.

Специальный Комитет провел более 140 заседаний, объем протоколов которых составил около 1000 машинописных листов. В целом делопроизводство Специального Комитета содержит более 300 000 страниц.

30 августа 1945 года одновременно с организацией Специального Комитета было создано Первое главное управление, на которое возлагалось непосредственное руководство научно-исследовательскими, проектными, конструкторскими организациями и предприятиями по использованию атомной энергии и производству атомных бомб.

Для координации работ разведки Спецкомитет 28 сентября 1945 года организовал в своем составе Бюро №2 во главе с П.А. Судоплатовым.

1.2. Создание технологической и промышленной базы атомного проекта

1.2.1. Разведка и добыча урана

«Важнейшей составной частью урановой проблемы был ясный, но невероятно трудный план – начать усиленные поиски месторождений урана и организовать его добычу» (А.П. Александров). Эта задача была поставлена специальным Постановлением Государственного Комитета Обороны 27 ноября 1942 года.

К началу целенаправленных поисков в СССР было известно пять месторождений с общим запасом около 500 тонн урана. Эти месторождения и послужили базой, с которой начала свое развитие урановая промышленность Советского Союза. Для сравнения отметим, что в это время общие мировые запасы урана оценивались в 12000–15000 тонн, в том числе в Европе – 1000 тонн (Рудные горы в Чехословакии, Корнуэлл в Англии), в Африке – 3000 тонн (Шинколобве в Бельгийском Кон-

го), в Северной Америке 9000 тонн (6000 тонн – Медвежье озеро в Канаде и 3000 тонн – Плато Колорадо в США).

В 1943 года постановлением ГОКО проведение геологоразведочных работ по урану было поручено Комитету по делам геологии при СНК СССР.

В октябре 1945 года постановлением СНК СССР в составе Комитета по делам геологии при СНК СССР создано Первое главное геолого-разведочное управление, на которое были возложены организация и руководство специальными геолого-поисковыми и разведочными работами по урану на территории СССР.

14 сентября 1945 года постановлением СНК СССР предписывалось вступить в переговоры с правительством Чехословацкой Республики об учреждении Советско-Чехословацкого горного общества для эксплуатации урановых месторождений в районе города Яхимов.

18 октября 1945 года соглашением между правительством СССР и правительством Болгарии было учреждено советско-болгарское горное общество для поиска и эксплуатации урановых месторождений.

В конце 1946 года Правительство СССР заключило долгосрочные соглашения с правительствами Болгарии, Чехословакии, а позже с правительствами Польши, Румынии, Венгрии о совместных поисках, разведке и разработке месторождений радиоактивных руд и поставках урановой продукции СССР. С этой же целью на территории Восточной Германии (позже ГДР) в Рудных горах было создано специальное горное управление, которое в 1947 году было преобразовано в советско-германское акционерное общество «Висмут».

9 апреля 1946 года было принято Постановление СМ СССР «Об организации геолого-поисковых работ урановых и ториевых месторождений в Арктике».

В августе 1946 года Л.П. Берия обязал МВД СССР провести геолого-поисковые работы по обнаружению месторождений урановых и ториевых руд в Ухтинском и Воркутинском районах Ухтинского комбината МВД, в районах Красноярского края и на Таймыре Норильского комбината МВД, а также в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

В августе 1946 года Л.П. Берия направил И.В. Сталину письмо с представлением на утверждение проекта постановления СМ СССР об организации в Министерстве цветной металлургии Второго главного управления. Задачей этого управления было руководство предприятиями по добыче ториевых руд, получению окиси тория и металлического тория для наработки U-233 в специальных ядерных реакторах. Постановление было утверждено 13 августа 1946 года.

19 марта 1947 года было принято Постановление СМ СССР «Об организации добычи радиоактивных руд на территории Польской Республики», для чего предписывалось создать предприятие «Кузнецкие рудники» и постоянную советско-польскую комиссию для организации работ по поиску и добыче урановых руд.

24 марта 1947 года было принято Постановление СМ СССР об организации производства урана из криворожских железных руд.

27 сентября 1947 года Б.Л. Ванников направил И.В. Сталину письмо с представлением проекта постановления СМ СССР по добыче ториевых руд и производству концентратов тория и металлического тория. Проект предусматривал выплавку 70 тонн металлического тория к середине 1949 года и производство солей тория около 130 тонн в год.

В апреле 1948 года Л.П. Берия направил И.В. Сталину письмо с представлением проекта постановления СМ СССР «Об организации добычи тория в Алданском районе Якутской АССР». В письме, в частности, отмечалось, что в 1947 году в Алданском районе были открыты россыпи монокитовых песков с содержанием тория более 1000 тонн и предполагалось создать предприятие и начать добычу тория с 1949 года.

К 1948 году были созданы технические и организационные предпосылки для успешной реализации разведки урановых месторождений. Были созданы и выпускались в необходимых количествах поисковые гамма-радиометры, позволяющие определять интенсивность гамма-излучения на поисковых маршрутах без отбора отдельных образцов; были разработаны и выпущены опытные серии аэро-гамма-радиометров, устанавливаемых на самолетах или вертолетах и измеряющие уровень гамма-излучения в процессе полета.

Общие запасы урана в СССР на 1 января 1955 года составляли 28000 тонн в 27 основных месторождениях, переданных для эксплуатации. Следует отметить, что в этот период было выявлено также более сотни мелких месторождений, которые в результате отработки оказались неэффективными для добычи урана. Наибольшее число месторождений было выявлено в Узбекистане, Казахстане и Киргизии.

В итоге десятилетней деятельности крупных коллективов геологов, геофизиков и других специалистов в целом в СССР и странах Восточной Европы было открыто, разведано и передано в эксплуатацию более 50 месторождений урана с общими запасами 84000 тонн. Таким образом, устойчивая база для реализации атомного проекта была успешно создана.

1.2.2. Организация производства плутония

Исключительно важными и новыми для отечественной промышленности были проблемы, связанные с наработкой ядерного горючего и исследованием его физико-технических и ядерных характеристик.

Эти проблемы были связаны с решением нескольких взаимосвязанных задач: добыча урановой руды, ее обогащение, извлечение из концентрата изотопа U-235, получение плутония в ядерных реакторах, а в дальнейшем – производство Li-6 и трития.

С пуском в конце 1944 года в Лаборатории № 2 первого циклотрона (в его создание большой вклад внесли Л.М. Неменов и В.П. Желепов) появились возможности получения микроскопических количеств плутония. Пуск первого ядерного реактора Ф-1 25 декабря 1946 года значительно расширил эти возможности.

В это время в Лаборатории № 2 уже твердо знали, что плутоний, накопленный в процессе нейтронного облучения в уране, может быть реально выделен сравнительно простым химическим способом.

В Ленинграде в Радиевом институте под руководством В.Г. Хлопина начали разработку заводской технологии выделения плутония химическим способом. Параллельно с работой над опытным уран-графитовым реактором шла подготовка к промышленному производству делящихся материалов.

Уже в 1946 году для перевозки специальных материалов и продукции в рамках ядерного проекта было решено спроектировать и построить специальные вагоны-контейнеры для их транспортировки.

23 августа 1946 года было принято постановление Правительства о строительстве первых очередей комбината № 817 по производству плутония (Челябинск-40; ПО «Маяк»). В состав комбината первоначально входили три объекта: объект «А» – промышленный реактор, объект «Б» – радиохимический завод, объект «В» – металлургический завод. Научным руководителем комбината № 817 был И.В. Курчатов; директорами комбината на стадии его создания и становления были П.Т. Быстров, Е.П. Славский, Б.Г. Музруков; главным инженером был Е.П. Славский; начальником строительства – М.М. Царевский, главным инженером строительства – В.А. Сапрыкин.

Главным конструктором промышленного реактора в начале 1946 года был назначен Н.А. Доллежал, директор Московского научно-исследовательского института химического машиностроения. Здесь для работы над проектом был создан специальный отдел, в который вошли пять групп конструкторов. Кроме того, к проектным работам были привлечены конструкторские бюро: из авиационной промышленности (А.С. Абрамов), оборонной промышленности (А.С. Елян, Ю.Н. Кошкин), энергопромышленности (Ф.Г. Прохоров). Разработку проекта здания реактора и сооружений, обеспечивающих отвод тепловой энергии и вывод радиоактивных продуктов из реактора выполнял Ленинградский проектный институт – ГСПИ-11 (А.И. Гутов, А.А. Черняков). К проектированию металлоконструкций реактора привлекли институт Проектстальконструкции (Н.П. Мельников).

На стадии эскизного проекта главной задачей оказался выбор оптимального варианта конструкции уран-графитового реактора, охлаждаемого обычной водой. Рассматривались вертикальный и горизонтальный варианты. Выбрали вертикальный вариант. Окончательное решение в пользу вертикального варианта было утверждено 10 июля 1946 года. Как показала жизнь, этот выбор был исключительно удачным для эксплуатации реактора. В США уран-графитовые реакторы были горизонтального типа, что породило сложные эксплуатационные проблемы.

19 июля 1948 года под руководством И.В. Курчатова был начат запуск реактора «А» с нулевой отметки и 22 июня его мощность достигла проектного значения – 100 МВт. Строительство реактора заняло 1,8 года, столько же времени заняли разработка и проектирование реактора.

Реактор «А» был первой в Европе ядерной промышленно-энергетической установкой. 16 июля 1987 года реактор «А» после 40 лет работы был остановлен и выведен из эксплуатации.

Сырье для ядерного реактора частично поставлялось с уранодобывающего комбината № 6, построенного в Таджикистане. Решение ГКО о создании комбината № 6 было принято еще в декабре 1944 года. Однако, для создания реакторов Ф-1 и «А» требовалось около 200 тонн урана, и поэтому чрезвычайно важными были поставки уранового сырья из Германии и Чехословакии. Без этих поставок сроки создания этих реакторов, а значит, и сроки создания атомного оружия СССР были бы отодвинуты.

Наработанный в ядерном реакторе плутоний было необходимо отделить от урана и высокоактивных продуктов деления. Для выделения плутония был построен радиохимический завод (завод «Б»).

Облученные урановые блоки, законвертованные в алюминиевые оболочки, поступали на завод «Б». Здесь их растворяли, химическими методами отделяли материал оболочки и высокоактивные продукты деления, производили выделение плутония из урана.

Концентрированный раствор плутония подвергался дополнительной очистке от следов высокоактивных продуктов деления с целью снижения его радиационной активности при поступлении к металлургам.

Радиохимические процессы для завода «Б» были разработаны в Радиевом институте и апробированы в опытном радиохимическом цехе, построенном при реакторе Ф-1 и входившем в состав НИИ-9. Сочетание экспериментального радиохимического цеха с реактором позволило не только отработать технологию выделения плутония из облученных урановых блоков, но и опробовать оборудование и системы контроля будущего радиохимического завода.

Завод «Б», к проекту которого Ленинградский ГСПИ-11 приступил в 1946 году, вступил в строй в конце 1948 года. Первая партия облученных урановых блоков поступила на переработку 22 декабря 1948 года, а первая готовая продукция была получена в феврале 1949 года.

Научным руководителем пуско-наладочных работ на заводе «Б» был член-корреспондент АН СССР, заместитель директора Радиевого института Б.А. Никитин, директором завода «Б» – П.И. Точеный, главным инженером – Б.В. Громов, руководителем аналитического контроля производства – академик А.П. Виноградов.

Полученный на заводе «Б» концентрат плутония, состоявший в основном из фторидов плутония и лантана, был сырьем для получения оружейного плутония. Окончательная очистка и изготовление из него деталей производилась на другом предприятии комбината № 817 – химико-металлургическом заводе «В», первая очередь которого была построена на месте складов боеприпасов недалеко от города Кыштым.

22 мая 1948 года распоряжение СМ СССР предписывало начать строительство тоннелей на комбинате № 817 с сечением типа московского метро для хранения радиоактивных отходов завода «Б». Тоннели предполагали облицовку и изоляцию и имели глубину заложения 30 м; длина тоннелей в 1949 году должна была составить 1 км.

Основными институтами, разработавшими проект завода «В», были НИИ-9 (директор – Б.В. Шевченко), ИОНХ (директор – И.И. Черняев) и проектный институт ГСПИ-12 (директор – А.В. Флоров, главный инженер – Ф.З. Ширяев).

Технология получения чистого металлического плутония была разработана под научным руководством и при непосредственном участии НИИ-9, в котором для этой цели был создан специальный отдел под руководством академика А.А. Бочвара, который являлся также научным руководителем завода В. Директором, а также главным инженером завода «В» был Ф.М. Бреховских.

В НИИ-9 была разработана и внедрена в производство технология получения металлического урана восстановлением его кальцием из тетрафторида. Основой этой технологии является разработанный двухступенчатый процесс сушки и прокалки тетрафторида урана.

В институте был разработан микрометаллургический, а затем и промышленный процесс получения металлического плутония, а под руководством специалистов ВНИИНМ были проведены все

промышленные восстановительные плавки для наработки плутония для изготовления первого ядерного заряда. При выполнении этих работ были открыты и получены неизвестные ранее соединения.

Под руководством и при непосредственном участии специалистов НИИ-9 была разработана и внедрена в производство технология получения металлического высокообогащенного урана-235 и урана-233.

Один из ведущих ученых НИИ-9, академик РАН, Ф.Г. Решетников, впервые в Советском Союзе получил металлический плутоний-238, нептуний, кюрий.

Параллельно с направлением создания уран-графитовых реакторов развивалась линия создания реакторов на основе урана и тяжелой воды. Достоинством этого направления являлось прежде всего существенно меньшее количество урана, необходимое для работы реактора (так, например, в первом промышленном тяжеловодном реакторе ОК-180 использовалось в десять раз меньше урана, чем в аналогичном уран-графитовом реакторе «А»). Это обстоятельство в условиях крайнего дефицита урана в первые годы советской атомной программы было крайне важным. Вместе с тем проблемы, связанные с производством тяжелой воды, и специфические технологические проблемы определили выход на первый план уран-графитового направления реакторов, в которых и был наработан первый оружейный плутоний.

Отметим некоторые основные этапы в создании тяжеловодных ядерных реакторов. 10 октября 1945 года было принято решение Технического совета Спецкомитета, а 1 декабря 1945 года – решение Правительства о создании Лаборатории № 3 с целью решения проблемы создания тяжеловодного ядерного реактора. Руководителем Лаборатории № 3 был назначен А.И. Алиханов, а его заместителем – В.В. Владимирский.

В октябре 1945 года было принято решение Технического совета Спецкомитета о производстве тяжелой воды на Чирчикском электрохимическом комбинате и Московском электролизном заводе, а в июне 1946 года НТС ПГУ рассматривал вопрос о производстве тяжелой воды на опытной установке Чирчикского комбината. Практическое производство тяжелой воды было намечено в СССР на 1948 год.

В январе 1947 года было сформулировано проектное задание Лаборатории № 3 и ОКБ Гидропресс Подольского завода на разработку опытного тяжеловодного реактора (научный руководитель – А.И. Алиханов, главный конструктор – Б.М. Шолкович). В мае 1947 года ПГУ поручило Лаборатории № 3 и ОКБ Гидропресс подготовить проект опытного тяжеловодного реактора «ФДК», а Подольскому заводу – осуществить поставку реактора и его монтаж. В апреле 1949 года был осуществлен пуск опытного реактора «ФДК».

В апреле 1948 года было выпущено постановление Правительства на разработку проекта промышленного тяжеловодного реактора. В августе 1949 года был составлен проект тяжеловодного реактора ОК-180, и летом 1949 года были начаты строительные работы по его созданию на комбинате № 817. Пуск реактора ОК-180 состоялся 17 октября 1951 года. Отставание в темпах реализации программы создания тяжеловодных реакторов от программы создания уран-графитовых реакторов составляло приблизительно три года.

1.2.3. Организация производства высокообогащенного урана

В 1943 году вместе с образованием Лаборатории № 2 начались работы по исследованию возможности разделения изотопов урана в газовой фазе. В 1944 году в этой же лаборатории приступили к изучению электромагнитного метода разделения изотопов урана. В том же году к разработке методов разделения урана привлекается лаборатория электрических явлений при Уральском филиале Академии наук, руководимая членом-корреспондентом АН СССР И.К. Кикоиным.

В годы войны в НИИ-42 Наркомата химической промышленности были получены первые граммы химически устойчивого газообразного соединения урана – UF_6 (гексафторид урана), пригодного для газодиффузионного метода разделения изотопов урана.

В 1945 году к разработке технологии получения высокообогащенного урана были привлечены немецкие специалисты, получившие в этой области определенные результаты.

В сентябре 1945 года на Техническом совете Специального комитета были заслушаны сообщения И.К. Кикоина и П.Л. Капицы по обогащению урана газодиффузионным методом и сообщения Л.А. Арцимовича и А.Ф. Иоффе по обогащению урана электромагнитным методом.

В декабре 1945 года руководство разработкой газодиффузионного метода было возложено на И.К. Кикоина. Профессор И.Н. Вознесенский отвечал за инженерные решения, а академик С.Л. Соболев руководил расчетно-теоретическими работами.

В начале 1946 года научно-технический совет и руководство Первого главного управления сделали выбор в пользу газодиффузионного метода разделения изотопов урана. Принятие такого решения при отсутствии отечественного подтверждения возможности практической реализации газодиффузионного метода основывалось на информации о работах по получению высокообогащенного U-235 газодиффузионным методом в США. Большую поддержку разработчикам этого метода оказал «Официальный отчет о разработке атомной бомбы под покровительством Правительства США, 1940–1945», изданный под редакцией профессора Генри Смайтом, в котором из четырех изучавшихся в США методов разделения урана предпочтение было отдано газодиффузионному.

Решение о сооружении газодиффузионного завода № 813 принято 1 декабря 1945 года. Базой для этого завода послужил завод № 261 Наркомата авиационной промышленности, расположенный в южноуральском поселке Верхне-Нейвинск.

Начальником строительства был назначен И.П. Бойков, главным инженером строительства – Б.М. Сердюков; разработчиком проекта – ГСПИ-11. Первым директором завода № 813 был А.И. Чурин, занимавший впоследствии (с 1957 по 1971 год) должность первого заместителя министра среднего машиностроения.

Строительство началось в 1946 году, а в мае 1948 года было принято постановление Правительства, разрешающее пуск первой очереди комбината № 813 – диффузионного завода Д-1. Разработчиками технологии первого диффузионного завода были сотрудники Лаборатории № 2 и немецкие ученые, работавшие в Сухумском физико-техническом институте.

В ноябре 1949 года завод Д-1 выдал первую готовую продукцию в виде UF₆, содержащего 75% изотопа U-235. После проведения ряда мероприятий, завершившихся к 1950 году, диффузионная технология была полностью освоена и обеспечивала возможность получения десятка килограммов U-235 90%-го обогащения. К началу 1953 года на нескольких заводах комбината № 813 работало около 15000 диффузионных машин.

К разработке и созданию комплекса оборудования для промышленного обогащения урана было привлечено Особое конструкторское бюро Ленинградского Кировского завода (ОКБ ЛКЗ). Начиная с 1945 года, этот коллектив проводил отработку диффузионного способа обогащения урана изотопом U-235. Главными конструкторами ОКБ ЛКЗ были сначала Э.А. Аркин, а затем Н.М. Синев. Руководство секцией НТС ПГУ по разделению изотопов осуществлял В.А. Малышев.

Параллельно с Ленинградским ОКБ разработкой оборудования для диффузионного способа обогащения урана с 1947 года занималось ОКБ на Горьковском заводе (ОКБ ГМЗ), руководимое А.С. Еляном и А.И. Савиным.

За короткое время изготовители диффузионных машин ЛКЗ и ГМЗ организовали их выпуск. Эксплуатационные испытания машин, проведенные в Лаборатории № 2, показали, что ленинградская машина не удовлетворяет техническим требованиям на ее конструирование. В связи с этим завод Д-1 был укомплектован только машинами, разработанными в Горьком.

С 1949 по 1964 год в Советском Союзе было пущено еще три диффузионных завода по обогащению урана: в Томске-7 на Сибирском химическом комбинате, в Ангарске на Электролизном химическом комбинате и в Красноярске-45 на Электрохимическом комбинате.

Промышленная эксплуатация газодиффузионных заводов была прекращена в 1992 году.

Наряду с газодиффузионным методом в СССР велась разработка других технологий обогащения урана – электромагнитной и центрифужной.

8 октября 1946 года Л.П. Берия направил И.В. Сталину письмо о проектировании завода по электромагнитному разделению урана. В письме отмечалось, что Лабораторией № 2 (руководитель работ – Л.А. Арцимович) совместно с ОКБ завода «Электросила» и Центральной вакуумной лабораторией создана опытная установка с магнитом весом в 60 тонн для электромагнитного разделения изотопов урана. Ее производительность составляла от 4 до 5 мкг урана-235 в час с уровнем чистоты не менее 80%. На основе этих достижений Спецкомитет считал необходимым приступить к строительству промышленного завода мощностью в 150 г урана-235 в сутки. Утверждено 8 октября 1946 года.

Проектной организацией был назначен ГСПИ-11. В качестве базы для создания завода по электромагнитному разделению изотопов был определен завод № 418 (поселок Лесной Свердловской области), который был введен в строй в конце 1948 года.

В конце 1946 года в Сухумском физико-техническом институте группой немецких ученых под руководством Макса Штеенбека были начаты лабораторные исследования по использованию центрифугирования для разделения изотопов урана. В.А. Малышев поручил главному конструктору ОКБ ЛКЗ Н.М. Синеву изучить возможность промышленного внедрения разработок группы Штеенбека. Главный конструктор ОКБ ЛКЗ взялся за практическую разработку центробежного метода. В ОКБ были переведены доктор Штеенбек и еще два немецких специалиста. Научное руководство проблемой было возложено на члена-корреспондента АН СССР Б.П. Константинова.

Первый промышленный образец газовой центрифуги и метод центробежного обогащения урана изотопом U-235 был предъявлен Государственной приемной комиссии под председательством академика М.Д. Милоншикова и был принят к производству и эксплуатации.

В 1957 году на комбинате № 813 было пущено первое в мире производство по обогащению урана газоцентрифужным методом, основное преимущество которого, по сравнению с диффузионным, состоит в малой стоимости и существенно более высоком коэффициенте полезного действия.

Переход на газоцентрифужную технологию, осуществленный в 1966–1972 годах, позволил увеличить разделительную мощность четырех предприятий МСМ почти в 2,5 раза и сократить потребление электроэнергии в 8–20 раз.

В инфраструктуре отрасли, нарабатывающей делящиеся материалы и изготавливающей из них детали, одно из ведущих мест принадлежит заводу № 12, расположенному в г. Электросталь под Москвой. Этот завод осенью 1945 года был передан из Наркомата боеприпасов в систему ПГУ. Первым директором нового производства стал С.А. Невструев, главным инженером – Ю.Н. Голованов. На заводе при участии ученых из НИИ-9 и Гиредмета была отработана технология получения изделий из металлического урана.

Уже в начале 1946 года заводу было дано задание обеспечить в кратчайший срок переработку урановых руд для получения диоксида, а затем получить металлический уран в виде стержней.

На этом заводе была отработана промышленная технология изготовления металлических урановых блоков для загрузки в первый промышленный уран – графитовый реактор. Здесь же были отработаны технология получения слитков из высокообогащенного U-235 и технология изготовления деталей как из природного, так и из обогащенного урана.

Завод № 12 после получения на комбинате № 813 обогащенного U-235 стал первым предприятием отрасли по изготовлению из него блоков для загрузки в ядерные реакторы.

В наше время завод № 12 остается главным предприятием, обеспечивающим ТВЭЛами исследовательские ядерные реакторы России, а также государств, входивших ранее в состав Советского Союза.

Для термоядерного оружия нужны были новые, не применявшиеся ранее материалы: тяжелые изотопы водорода – тритий и дейтерий, для получения которых необходимо было создание специальных производств. Для получения трития в реакции $\text{Li}^6 + n \rightarrow \text{T} + \text{He}^4$ необходимо было иметь ядерные реакторы с высокими потоками нейтронов. Для наработки трития в декабре 1951 года на комбинате № 817 был пущен реактор «АИ» мощностью около 100 МВт.

Для получения трития нужен был изотоп Li-6, который в относительно небольших количествах (7,5%) содержится в природном литии.

Роль лития в изготовлении водородного оружия так же значима, как роль урана для ядерной энергетики и получения плутония. Выпуск Li-6 и его гидридов был также освоен заводом № 12.

1.3. Роль Госплана и НКВД в организации атомной промышленности

Важная роль в организации атомной промышленности страны принадлежала Госплану СССР. Председатель Госплана Н.А. Вознесенский был одновременно членом Специального Комитета.

Первое управление в Госплане было создано одновременно с ПГУ и Специальным комитетом ГКО. Начальником Первого управления Госплана был назначен Н.А. Борисов, а его заместителями Н.А. Черепнев и С.П. Столяров. Председателю Госплана СССР, члену Специального комитета

Н.А. Вознесенскому было поручено через это управление обеспечить всеми видами ресурсов выполнение заданий Специального комитета. Чтобы судить, какие ведомства стояли у истоков создания атомной промышленности, приведем распределение капитальных вложений, выделенных Госпланом на второй квартал 1946 года:

- Предприятия ПГУ при СНК СССР – 22,5%;
- Институты и заводы Минцветмета – 15,0%;
- Комитет по делам геологии – 14,0%;
- Министерство электростанций – 8,5%;
- Институты АН СССР (Лаборатории № 2, 3, РИАН, ИФХАН и другие) – 8,0%;
- Министерство транспортного машиностроения – 7,5%;
- Институты и предприятия МВД – 6,7%;
- Министерство машиностроения и приборостроения – 6,5%;
- Предприятия других шести Министерств – 11,3%.

На выделенные в 1948 году на капитальное строительство 2,6 миллиарда рублей (в том числе 700 миллионов рублей на оборудование) строились предприятия и институты, подчиненные разным подразделениям и ПГУ. Проект плана капитального строительства в 1948 году по ряду предприятий составлял:

- комбинат № 6, Средняя Азия – 300 миллионов рублей;
- комбинат № 813, Средний Урал – 550 миллионов рублей;
- комбинат № 817, Южный Урал – 340 миллионов рублей;
- завод № 814, Северный Урал – 150 миллионов рублей;
- завод № 544, Удмуртия, г. Глазов – 100 миллионов рублей;
- завод № 12, г. Электросталь – 90 миллионов рублей;
- завод № 906, Украина, г. Днепродзержинск – 80 миллионов рублей;
- КБ-11, г. Арзамас-16 – 40 миллионов рублей;
- НИИ-9, г. Москва – 10 миллионов рублей.

Нельзя рассматривать реализацию советского атомного проекта без объективного освещения роли НКВД-МВД, его руководителей, работы целого ряда коллективов этих ведомств по созданию отечественного ядерного оружия.

В 40-е годы, еще до создания ПГУ, наиболее активное участие в организации работ по Атомному проекту принимало Девятое управление НКВД. Оно курировало весь комплекс работ от добычи урана до получения ядерных материалов – высокообогащенного U-235 и плутония. В систему НКВД входило Главное управление лагерей горно-металлургических предприятий (ГУЛГМП). Девятое управление НКВД было в составе ГУЛГМП еще до 1939 года. В нем работали С.Е. Егоров – первый начальник Второго управления ПГУ (1945–1946 годы), главный геолог – заместитель директора НИИ-10 (Всесоюзного научно-исследовательского института химической технологии ВНИИХТа) Д.Я. Суражский.

После организации ПГУ часть этих работ была передана из ведения НКВД в ПГУ.

Важными направлениями работ, которое курировало Девятое управление НКВД в 1946–1949 годах, были радиационная биология, ядерная физика, получение радиоактивных изотопов. Этими вопросами начали заниматься созданные в Челябинской (г. Сунгуль) и Калужской областях (г. Обнинск) лаборатории «Б» и «В». Девятое управление контролировало и в определенной мере координировало работу специалистов лаборатории «Б» и «В», институтов г. Сухуми и Наркомцветмета, а также ряда институтов и предприятий других ведомств.

В системе этого управления работали такие видные ученые, как члены-корреспонденты АН СССР физики-теоретики Д.И. Блохинцев, А.И. Лейпунский, академик АМН Л.А. Булдаков, профессора С.А. Вознесенский, Н.В. Тимофеев-Ресовский.

У истоков атомной промышленности, кроме Девятого управления, был и Главпромстрой НКВД во главе с А.Н. Комаровским. Это подразделение под руководством первого заместителя начальника ПГУ А.В. Завенягина было ответственно за строительство основных предприятий отрасли. Руководили стройками и многочисленными строительными организациями в МВД министр С.Н. Круглов и его первый заместитель В.В. Чернышев. Директора строящихся комбинатов с ними

решали вопросы по численности работающих, замены руководителей строительства, укрепления материально-технической базы.

В эти годы НКВД через своих представителей, уполномоченных Совета Министров, контролировал выполнение постановлений Спецкомитета и Правительства руководителями предприятий и строек. Например, генерал-майор Н.И. Павлов был уполномоченным СМ СССР в Лаборатории № 2.

1.4. Кооперация организаций на начальной стадии атомного проекта

В связи с масштабом, сложностью и спецификой задач, необходимостью проведения многочисленных экспериментов, в том числе взрывных и ядерно-физических, встал вопрос о привлечении к процессу реализации атомного проекта ряда академических и отраслевых научно-исследовательских организаций и учреждений, тематика работы которых была хотя бы отчасти близка к решаемым проблемам, или если научно-технический потенциал данного учреждения был достаточен для решения принципиально новых задач.

Решением Технического совета, принятым в сентябре 1945 года, с целью концентрации сил и материальных ресурсов, к работе над атомным проектом был привлечен ряд академических, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. Только из Академии наук к проекту было привлечено 20 институтов, включая выдающихся ученых мирового уровня.

Было ясно, что инфраструктура, призванная обеспечить создание ядерного оружия, не может быть оптимальной без специализированного научно-исследовательского и одновременно производственного предприятия, целиком и прямо ориентированного на разработку нового оружия. Понимание всей совокупности данных требований и задач привело к решению о создании КБ-11.

Однако столь же ясно было и другое. КБ-11 неизбежно должно было пройти этап становления. Это означало, что для сокращения сроков разработки первых атомных бомб в инфраструктуру, обеспечивавшую решение этих задач, необходимо активно вовлекать достаточный для этого научно-технический потенциал.

По предложению Б.Л. Ванникова, М.Г. Первухина, И.В. Курчатова, А.П. Завенягина, Ю.Б. Харитона и П.М. Зернова к проведению подготовительных работ по созданию РДС-1 и РДС-2 были привлечены научные, проектные и производственные организации, находившиеся в ведении:

- Академии наук СССР;
- Министерства сельскохозяйственного машиностроения;
- Министерства транспортного машиностроения;
- Министерства вооружения.

Несколько позднее этот круг организаций и предприятий был расширен за счет:

- Министерства производства средств связи;
- Министерства электропромышленности;
- Министерства авиационной промышленности;
- Министерства цветной металлургии;
- Министерства металлургической промышленности.

Из академических институтов в работах по атомной проблеме участвовали Институт химической физики (ИХФ), Математический институт имени В.А. Стеклова и его ленинградское отделение, Институт геофизики, Институт физических проблем, Радиевый институт (РИАН), Физико-технический институт (ФТИ), Физический институт (ФИАН), Институт физической химии (ИФХ), Институт общей неорганической химии (ИОНХ), Уральский филиал АН СССР, Биохимическая лаборатория АН СССР им. академика В.И. Вернадского, Физико-технический институт АН УССР.

Кроме академических институтов к работам над атомным проектом были привлечены: Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова наркомата химической промышленности (НКХП), Государственный научно-исследовательский институт № 42 НКХП, Всесоюзный институт авиационных материалов (ВИАМ), Лаборатория при наркомате электропромышленности (НКЭП), Уральский индустриальный институт, Центральный котлотурбинный институт им. И.И. Ползунова (ЦКТИ) наркомата тяжелого машиностроения, Физический институт Ленинградского университета, Научно-

исследовательский институт № 6 наркомата боеприпасов, Центральный институт рентгенологии и радиологии наркомата здравоохранения СССР и некоторые другие.

Следует отметить, что привлечение ведущих институтов сыграло исключительно большое значение в решении вопросов разработки ядерного оружия и мирного использования атомной энергии.

На стадии становления ядерно-оружейной инфраструктуры по заданиям, связанным с реализацией атомного проекта, работали пять учреждений, находившихся в ведении Министерства сельскохозяйственного машиностроения. В их числе были три научно-исследовательских института – НИИ-6, НИИ-504 и НИИ-582, конструкторское бюро № 47 и завод № 571.

В НИИ-6 (директор А.П. Закощиков) по техническому заданию КБ-11 разрабатывались отдельные элементы и конструкция сферического заряда из взрывчатых веществ, принципы действия и конструкция электродетонаторов, обеспечивавших подрыв ВВ.

В этом же НИИ при участии группы специалистов во главе с В.А. Цукерманом из Института машиноведения Академии наук СССР велась разработка методики исследования процессов сжатия металла с помощью взрывчатых веществ, совместно с сотрудниками Лаборатории № 2 проводились работы по нейтронным источникам.

Наряду с НИИ-6, отработкой технологии изготовления баратоловых линз, фокусирующих элементов, с 1948 года занимался НИИ-582 МСХМ. Задания по изготовлению электродетонаторов выполнял завод № 571 этого же министерства. В то же время КБ-11 независимо от завода № 571 отработывало технологию производства и аттестации качества электродетонаторов.

В дальнейшем, учитывая специфические особенности производства, изготовление детонаторов было передано на специализированное предприятие – завод № 253 МСХМ.

К отработке конструкции элементов составного заряда из взрывчатки, способа крепления заряда в корпусе бомбы и отдельных приборов автоматики было привлечено конструкторское бюро Кировского завода (ОКБ-700) в городе Челябинске (главный конструктор Н.Л. Духов) Министерства транспортного машиностроения (министр В.А. Малышев).

НИИ-504 по техническим заданиям КБ-11 была поручена разработка автоматических высотных взрывателей (радиодатчиков) для авиабомб, высоковольтной установки для задействования электродетонаторов изделия РДС-1, а также создание соответствующих радиосхем. К концу 1946 года НИИ-504 был освобожден от разработки радиодатчиков, и решение данной задачи было передано ЦКБ-326 (главный конструктор А.П. Скибарко) Министерства производства средств связи.

К разработке высотного радиодатчика привлекались предприятия не только Министерств сельскохозяйственного машиностроения и производства средств связи, но и Министерство электропромышленности (МЭП).

Пятой организацией из системы Министерства сельскохозяйственного машиностроения было ГСКБ-47 (главный конструктор Кулаков), в котором по техническому заданию, подписанному Ю.Б. Харитоном в мае 1946 года, осуществлялась разработка корпусов, стабилизаторов и узлов подвески авиабомб.

Изготовлением опытных, а затем и серийных образцов корпусов авиабомб занимались заводы № 12 и № 48, входившие в ведение Первого главного управления.

ГСКБ-47 в решении поставленной перед ним задачи использовал отечественный опыт в области конструирования фугасных авиационных бомб соответствующего калибра и веса. Это помогло справиться с заданием довольно оперативно. Но по итогам летных испытаний 1947 года выяснилось, что тот вариант корпуса авиабомбы, который отвечал необходимым габаритам атомной бомбы, дал неудовлетворительные результаты.

Вариант конструкции корпуса бомбы, представленный разработчиками КБ-11, проходил испытания в ЦАГИ. Всего было проведено около 100 серий его аэродинамических испытаний и, в конечном итоге, он был принят за основу для разработки корпуса РДС-1, как удовлетворяющий предъявленным требованиям по баллистическим характеристикам.

14 сентября 1945 года завод № 48 (ПО Машиностроительный завод «Молния»») одним из первых вошел в систему ПГУ.

Предприятием был начат выпуск геологоразведочного снаряжения, оборудования для горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, химико-технологического оборудования (для Среднеазиатского горнохимического комбината, где было организовано получение отечественного урана).

Параллельно с этим с 1947 года на заводе разворачивались работы по изготовлению баллистических корпусов ядерных авиационных бомб.

Разработанные КБ-11 (ВНИИЭФ, Арзамас-16) ядерные авиабомбы получили первые серийно изготовленные корпуса. На базе этих изделий в дальнейшем шло расширение номенклатуры, и долгие годы завод № 48 был монополистом этого направления в СССР.

После 1950 года параллельно с продукцией машиностроительного профиля предприятие начинает изготавливать приборы: ионизационные камеры, дозиметры и бортовые высоковольтные блоки автоматики.

Из предприятий Министерства вооружений (министр Д.Ф. Устинов) в инфраструктуру разработки ядерного оружия входило конструкторское бюро завода № 88 (главный конструктор Костин). Это КБ с самого начала и до прекращения работ над бомбой с атомным зарядом пушечного типа занималось разработкой конструкции ствола и стреляющего механизма. Сотрудники КБ совместно со специалистами Лаборатории № 2 решали также вопросы, связанные с проблемой синхронности при выстреле.

В пушечном варианте атомного заряда применялись детали из карбида вольфрама. Они изготавливались на комбинате твердых сплавов Министерства цветной металлургии.

Кроме того, необходимость использования таких материалов, как бериллий и галлий определила введение в ядерно-оружейную инфраструктуру Государственного института редких металлов (Гиредмет), входившего в Министерство металлургической промышленности (министр И.Ф. Тевосян).

С 1946 года началось взаимодействие КБ-11 с Министерством авиационной промышленности. Основной сферой этого взаимодействия было создание самолетов-носителей атомных бомб. Несколько позднее сотрудничество атомных организаций с этим Министерством расширилось в связи с необходимостью производства крупных отливок из магниевых и алюминиевых сплавов для корпусов ядерных зарядов. Эти отливки производились на заводе № 219. Сами же корпуса из них изготавливались на ленинградском заводе «Большевик».

1.5. Расширение производственной инфраструктуры после испытания РДС-1

Вскоре после успешного испытания первой атомной бомбы РДС-1 в ноябре 1949 года был подготовлен проект правительственного постановления по обеспечению дальнейшего хода работ в плане усовершенствования изделия «501» (РДС-1) и создания атомных бомб РДС-3, РДС-4, РДС-5 в КБ-11.

Этим проектом на Первое главное управление, Министерство авиационной промышленности, Министерство сельскохозяйственного машиностроения, Главное управление гидрометеослужбы, Министерство электропромышленности, Министерство вооружений, Министерство химической промышленности, Академию наук СССР, Министерство Вооруженных Сил возлагалась задача провести комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по техническим заданиям КБ-11.

Причем, если сам перечень привлекаемых министерств претерпел небольшие изменения в сравнении с тем, который действовал на этапе разработки РДС-1, то количество предприятий, которым предстояло реально войти в инфраструктуру, обеспечивающую создание ядерного оружия, заметно возросло.

К примеру, в системе Министерства авиационной промышленности, наряду с ЦАГИ, заводами № 25 и № 219, к разработке и изготовлению ядерного оружия привлекались еще одно крупное предприятие (завод № 64), два научно-исследовательских института и ОКБ-133.

Инфраструктура, обеспечивавшая разработку и изготовление ядерного оружия, росла не только вширь, но и «вглубь». Так, к тому же проекту постановления, намечавшему важнейшие направления этого роста, прилагался перечень организаций, в которых должны были быть созданы специальные цехи и лаборатории для выполнения работ по заданиям КБ-11.

На заводе № 25 МАП, например, должны были быть построены механосборочный цех и испытательная лаборатория, а также создана конструкторская группа.

На заводе № 571 МСХМ предусматривалось строительство механосборочного цеха для изготовления корпусов для электродетонаторов, а в НИИ-6 – лаборатории для производства и снаряжения детонаторов.

Система предприятий ПГУ быстро расширялась. Так, в 1949 году началось строительство крупнейшего Сибирского химического комбината (комбинат № 816, Томск-7) для производства оружейного плутония и высокообогащенного U-235. Был построен завод по производству деталей из делящихся материалов для ядерного оружия, а также завод по получению гексафторида урана.

26 февраля 1950 года было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о строительстве подземного предприятия комбината № 815 в Красноярске-26 (г. Железногорск) для наработки оружейного плутония. Начальником строительства был назначен генерал-майор М.М. Царевский.

На объектах ПГУ (без зарубежных предприятий) в 1948 году работало около 68000 человек. На строительстве объектов ПГУ в системе Главпромстроя МВД числилось 250000 человек.

В годы максимального строительства (с 1947 по 1952 год) на строительстве первоочередных комбинатов ежегодно работало по 30000–40000 человек и по несколько тысяч человек работало на каждом реконструируемом крупном заводе и строящемся институте или КБ.

Для обеспечения управления многими стройками и несколькими сотнями тысяч работающих строителей и монтажников Центральный аппарат Главпромстроя состоял примерно из 480 человек.

На зарубежных предприятиях, добывающих уран, в основном в Восточной Германии, в 1948 году работало (вместе с советскими специалистами) 63400 человек, а в 1950 году – 196000 человек.

2. РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

2.1. Организация Министерства среднего машиностроения

Специальный Комитет при ГОКО, а затем при Совете Министров СССР действовал в течение восьми лет и был ликвидирован 26 июня 1953 года сразу же после ареста Л.П. Берия.

Постановлением Совета Министров СССР от 1 июля 1953 года на базе ПГУ и Третьего управления при Совмине СССР было образовано Министерство среднего машиностроения СССР и министром среднего машиностроения был назначен В.А. Малышев.

Третье главное управление (3-е ГУ) было создано при Спецкомитете еще 3 февраля 1951 года для развития науки и техники в области создания управляемых ракет, самолетов (носителей оружия) и ракет дальнего действия. С начала организации 3-го ГУ им руководил бывший первый заместитель министра вооружения В.М. Рябиков. Все предприятия и стройки ПГУ и 3-го ГУ были переданы в Минсредмаш. Структура крупнейшего министерства была утверждена 9 июля 1953 года (приказ В.А. Малышева №7 от 13 июля 1953 года) В первоначальном составе Центрального аппарата МСМ было 2644 человека.

После образования Министерства среднего машиностроения СССР в 1953 году на базе Главпромстроя МВД в МСМ было организовано три строительных и одно монтажное Главные управления.

В состав министерства входили основные главные управления:

- Главное управление горного оборудования;
- Главное управление металлургического оборудования;
- Главное управление химического оборудования;
- Главное управление приборостроения;
- Главное управление специального машиностроения;
- Главное управление транспортного машиностроения;
- Главное управление промышленного строительства;
- Главное управление специального строительства;

- Управление энергетического оборудования;
- Управление капитального строительства;
- Главное управление материально-технического снабжения;
- Управление оборудования;
- Планово-экономическое управление;
- Техническое управление;
- Отдел специальной приемки;
- Управление научно-технической информации;
- Научно-техническое управление (НТУ).

При создании термоядерного оружия необходимо было создавать дополнительные сложные производства. В стране была создана промышленность получения лития-6, трития и дейтерия.

В 1954 году при МСМ СССР было создано Главное управление приборостроения (начальник ГУ П.М. Зернов). В процессе формирования системы ядерных испытаний на предприятия этого ГУ были возложены функции по разработке и изготовлению экспериментальных ядерных зарядов и испытательных установок, разработке методов исследования ядерного взрыва и аппаратуры для этих целей, а также проведения этих исследований и анализа результатов испытаний.

С февраля 1955 года министром среднего машиностроения был назначен А.П. Завенягин. Он, как и В.А. Малышев, одновременно был и заместителем Председателя Совета Министров СССР.

2.2. О развитии сырьевой базы Минатома

Первоначально организация работ по добыче урана была поручена Девятому управлению НКВД во главе с А.П. Завенягиным. Затем для руководства работами по развитию сырьевой базы урана в составе ПГУ было создано Первое управление во главе с П.Я. Антроповым, которое в 1949 году было преобразовано в самостоятельное Второе главное управление (ВГУ) при Совете Министров СССР. В этом управлении работами по развитию урановой базы в СССР руководил Н.Б. Карпов, а работами по развитию урановых добывающих предприятий за рубежом – В.И. Трофимов. В 1953 году ВГУ вошло в состав МСМ.

2.2.1. Работы по развитию технологий добычи урана.

Исключительно важное значение для развития ядерной программы имели геологоразведочные работы по поиску перспективных месторождений урана, совершенствование технологий добычи и переработки урановых руд и создание урановых горнодобывающих комбинатов на базе основных урановых месторождений.

Геологоразведочные работы опирались на целенаправленные научные исследования, которые выполнялись на различных стадиях от прогнозирования до детальной разведки урановых месторождений. Уже в самом начале ядерной программы над этими вопросами работали Всесоюзный институт минерального сырья (ВИМС), Всесоюзный институт разведочной геофизики, Институт геологии рудных месторождений, Всесоюзный геологический институт.

Первым научно-исследовательским институтом, работавшим над проблемой поиска месторождений урана, был ВИМС. Его специалисты определили направления поиска месторождений, решали задачи научного, методического и приборного обеспечения геологоразведочных работ. При ВИМС было создано специальное бюро по вопросам сырьевой базы урана, в которое входили такие крупнейшие ученые, как академики В.И. Вернадский, С.С. Смирнов, Д.И. Щербаков. ВИМС занимался также профессиональной подготовкой геологов производственных организаций по основам методов поиска урановых руд.

Научно-исследовательские работы по геологии урана в МСМ начали проводиться с 1951 года, когда в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 17 апреля 1951 года был создан Всесоюзный НИИ химической технологии – ВНИИХТ (НИИ-10), который занимался детальным изучением эксплуатируемых урановых месторождений и способов их разработки. Его первым директором был П.И. Бучихин.

На ВНИИХТ возлагалась задача создания технологии переработки радиоактивных и редкометаллических руд с получением исходных химических соединений для нужд оборонной промышленности (уран, торий, литий, бериллий) и зарождающейся атомной энергетики, в том числе конструкционных материалов (цирконий, гафний, тантал, ниобий). В сферу деятельности ВНИИХТа вошли также такие ценные элементы, как молибден, вольфрам, скандий, ванадий, рений, селен, редкоземельные элементы, золото, серебро, металлы платиновой группы, многие из которых присутствуют в урановых рудах. Главными задачами являлись разработка технологий эффективного извлечения урана и сопутствующих элементов, создание малоотходных экологически безопасных производств, экономное расходование реагентов, материалов и энергоресурсов.

Уже в 1954 году в составе института было организовано 16 лабораторий: геологические, технологические, аналитические. Работы велись, начиная от поиска и изучения полезных ископаемых, создания высокoeкономичных технологических схем переработки руд и концентратов до получения соединений и металлов высокой чистоты.

С 1957 по 1974 годы директором и научным руководителем ВНИИХТа был член-корреспондент АН СССР А.П. Зефиров, внесший огромный вклад в комплексную переработку сложного сырья – фосфоритов, металлургию урана и технологию подземного выщелачивания. Были разработаны и освоены технологические схемы переработки урановых руд различных типов, создана технологическая база крупнейшей в мире урановой промышленности СССР и стран Восточной Европы, вырабатывавшей 50% урана от общемирового производства. Объем перерабатываемой руды составлял многие миллионы тонн в год.

Все 20 гидрометаллургических заводов СССР были построены по технологиям, разработанным во ВНИИХТ.

Огромный объем работ был выполнен по обеспечению оборонной и атомной промышленности такими стратегическими материалами, как литий, бериллий, цирконий, ниобий, тантал. Разработанные технологические схемы обеспечивали создание замкнутых водооборотных циклов на всех стадиях производства: от обогащения руд до получения ядерно-чистых материалов. Были освоены уникальные технологии производства лития и бериллия, находящиеся в числе передовых мировых производств.

В начале развития урановой промышленности уран из руды извлекали классическими методами: выщелачиванием, фильтрацией, репульпацией, осаждением, растворением, которые широко применялись в цветной металлургии и химической промышленности. На сложном пути получения чистых соединений урана некоторые операции приходилось повторять многократно. При переработке бедных урановых руд наиболее трудоемкими и энергоемкими были операции фильтрации – отделения растворов от огромной массы пустой породы. В урановой промышленности в предельно короткие сроки была создана новая бесфильтрационная технология. Научным руководителем этих работ был академик Б.Н. Ласкорин. В 50–60-х годах на урановых заводах была внедрена технология ионообменного извлечения урана и ценных сопутствующих элементов из рудных пульп, получившая всемирное признание.

В результате внедрения на всех урановых заводах СССР сорбционно-экстракционных схем была существенно повышена научно-техническая эффективность и создана самая крупная в мире урановая промышленность.

Под руководством Б.Н. Ласкорина успешно велись работы по созданию ионообменных смол и их производству. Сорбенты, произведенные по технологиям ВНИИХТа, заняли ведущее место в отечественной промышленности.

С внедрением сорбционной технологии мощность горнохимических заводов увеличилась в 2–3 раза. Значительно снизились потребности в капитальном строительстве. Процесс сорбции из пульп позволил существенно повысить извлечение урана и открыл новые возможности для переработки бедных источников сырья.

Крупные промышленные установки для экстракционной очистки урановых растворов имеют производительность до нескольких тысяч тонн чистой закиси-окиси урана в год.

Значительные успехи были достигнуты при экстракции урана и сопутствующих металлов из фосфорно-кислых растворов, получаемых при комплексной переработке урансодержащих фосфатных руд. Огромный интерес с экономической и экологической точек зрения представляет предло-

женный ВНИИХТом экстракционный метод извлечения урана и тория из фосфоритов при производстве удобрений.

Экологически приемлемый и безопасный для работы персонала скважинный метод добычи, не нарушающий поверхности земли, оказался высокорентабельным при переработке некондиционных урановых руд, непригодных для шахтной добычи. В 70–80-х годах этот метод получил широкое промышленное применение и к середине 80-х годов подземным выщелачиванием в СССР добывалось до 35% урана.

В связи с необходимостью быстрее решения задач, связанных с обеспечением обороноспособности страны и развитием атомной энергетики, были разработаны и внедрены принципиально новые высокоэффективные процессы получения гексафторида урана из тетрафторида и оксидов урана, в том числе высокотемпературный газоплазменный способ фторирования UF_4 и U_3O_8 . Одновременно была решена задача резкого повышения качества гексафторида урана, необходимого для эффективной работы газовых центрифуг на изотопно-разделительных заводах, а также было обеспечено значительное (более чем в 100 раз) снижение выбросов фтористых соединений в окружающую среду.

Следует отметить работы ВНИИХТ по обеспечению атомной промышленности литием и его соединениями. Для отечественного бедного сырья были разработаны и освоены уникальные схемы обогащения исходных руд и их переработки по безотходной технологии, позволяющей получить товарный продукт.

Уникальное производство по переработке бериллиевых рудных концентратов было создано в Усть-Каменогорске с выпуском широкой номенклатуры готовых изделий для микроэлектроники, авиации и атомной техники.

Производство ниобия и тантала было основано на отечественных месторождениях. На заводе в Силламяэ была впервые отработана технология получения крупных слитков металлического ниобия, а на Усть-Каменогорском заводе осуществляли переработку танталосодержащих концентратов в объемах, обеспечивавших потребности страны.

Уникальный промышленный опыт позволил институту в конце 60-х годов подойти к решению проблемы «конверсии урановых технологий» и передаче своих разработок другим отраслям. Это относится к крупномасштабному освоению технологии «смола в пульпе» для переработки бедных золотосодержащих руд коренных месторождений, попутному извлечению из урановых руд молибдена, редких земель, фосфора с получением полноценных дезактивированных удобрений. Такие же подходы были разработаны применительно к вольфрамовым, ванадиевым, медным и никелевым рудам. В результате освоения новых производств значительно увеличился выпуск этих металлов и было начато производство такой наукоемкой продукции, как чистые соединения молибдена, скандия, иттрия, европия, рения, ниобия, тантала.

2.2.2. Создание и развитие горнодобывающих урановых комбинатов.

Организационно добыча и переработка урановых руд осуществлялась через целый ряд гигантских производственных комплексов – горно-обогатительных комбинатов МСМ. По-видимому, это был наиболее масштабный вид деятельности ядерной оружейной и ядерной энергетической программы, связанной с созданием промышленности, перерабатывавшей десятки миллионов тонн руды, строительства новых городов, часто в экстремальных условиях, деятельностью десятков тысяч людей.

Для добычи и переработки урановых руд в Средней Азии постановление ГОКО от 15 мая 1945 года предписало создать комбинат № 6 (с 1967 года Ленинабадский горно-химический комбинат). Первым директором Горно-химического комбината № 6 был Б.Н. Чирков. Ленинабадский ГХК был первым объектом сырьевой базы атомной промышленности, на котором отрабатывались технологии добычи и переработки урановых руд, обучались кадры. Наряду с этим, комбинат разрабатывал месторождения флюорита и производил концентрат плавикового шпата (CaF_2) для нужд атомной промышленности. Фтор являлся существенной компонентой для производства гексафторида и тетрафторида урана, необходимой для технологии изотопного обогащения урана. В конце 60-х годов на комбинате была освоена передовая технология добычи урана подземным выщелачиванием. В настоящее время Ленинабадский ГХК (ПО «Востокредмет») прекратил добычу урана в

связи с распадом СССР. В 1954 году из состава комбината № 6 был выведен ряд предприятий, расположенных в Северной Фергане, на базе которых был создан самостоятельный комбинат № 5, который был закрыт в 1968 году в связи с выработкой запасов урана.

Постановлением Совета Министров СССР от 29 июля 1950 года для добычи и переработки урановых руд в Ставропольском крае было создано Рудоуправление № 10 (с 1967 года – Горно-химическое рудоуправление). Становление Лермонтовского горно-химического рудоуправления проходило под руководством его директора С.Г. Вечеркина. В середине 60-х годов здесь был совершен переход на добычу урана методом подземного выщелачивания, который использовался до 1990 года. С конца 60-х годов был начат выпуск минеральных удобрений, строительных материалов, оксида скандия, что и является основной продукцией управления (Лермонтовское предприятие «Алмаз») в наше время.

Постановлением Совета Министров СССР от 24 июля 1951 года для добычи и переработки урана был создан комбинат № 9 (с 1967 года – Восточный горно-обогатительный комбинат) на базе месторождений в Днепропетровской области УССР. Первым директором комбината № 9 был Я.Н. Бондаренко. В 60-е годы комбинат стал осваивать месторождения урана в Кировоградской области УССР. В настоящее время в его состав (НПО «Восточный ГОК») входят горнодобывающие предприятия, гидрометаллургический завод, завод по производству серной кислоты для специального выщелачивания руд.

Постановлением Совета Министров СССР от 24 октября 1950 года было предписано создать комбинат № 11 (с 1967 года – Киргизский горнорудный комбинат) для эксплуатации горного угольно-уранового месторождения. Впоследствии в сферу деятельности комбината вошел целый ряд месторождений урана в Киргизии и Казахстане. Первым директором комбината № 11 был К.И. Маков. В 80-е годы комбинат перешел на добычу урана в основном методом подземного выщелачивания. В настоящее время в его состав (Кара-Балтинский горнорудный комбинат) входят гидрометаллургический завод, заводы электромеханической продукции и строительных изделий, ремонтные предприятия.

Постановлением Совета Министров СССР от 8 августа 1956 года был создан комбинат № 4 (с 1967 года – Целинный ГХК). Основная площадка комбината находится в городе Степногорске, специально построенном МСМ, а месторождения урана расположены на территории Северного Казахстана, в основном в Целиноградской и Кокчетавской областях. Первым директором Целинного ГХК был С.А. Смирнов. В настоящее время комбинат (ПО «Целинный ГХК») производит урановый концентрат, серную кислоту, азотно-фосфорные удобрения и различную техническую продукцию.

20 февраля 1958 года вышло Постановление Совета Министров СССР о создании комбината № 2 (с 1967 года – Навоийский ГХК) для добычи и переработки урановых руд в центральной части Узбекистана. Первым директором комбината № 2 был З.П. Зарапетян. В 1959 году в рамках этого проекта началось строительство города Навои – центра комбината. В 1964 году МСМ и комбинату было поручено создать предприятие по добыче и переработке золотосодержащих руд на основе месторождения Мурунтау. Это поручение было выполнено. Центром золотодобывающего комплекса стал новый город Зарафшан, построенный МСМ. К 1990 году мощность этого предприятия составила около 20 миллионов тонн в год по добыче и переработке руды. В настоящее время в состав комбината входят рудники, гидрометаллургические заводы, завод по производству серной кислоты, машиностроительный завод.

8 января 1959 года вышло Постановление Совета Министров СССР о создании комбината № 1 (с 1967 года – Прикаспийский ГХК) для добычи и переработки на полуострове Мангышлак Казахской ССР месторождений урано-фосфорных руд с содержанием редкоземельных элементов. Комбинат находился на территории Гурьевской области. Первым директором комбината № 1 был Р.А. Григорян. В настоящее время комбинат (АО «КАСКОР») прекратил добычу и переработку урановых руд.

20 февраля 1968 года Постановление Совета Министров СССР определило создание Приаргунского ГХК в Читинской области. В качестве центра комбината МСМ был построен город Краснокаменск. Первым директором Приаргунского ГХК был С.С. Покровский. В 80-е годы комбинат приступил к строительству горнодобывающего предприятия на территории Монголии. В конце 80-х годов комбинат начал осваивать угольные месторождения для добычи угля и производства электро-

энергии. В настоящее время комбинат (АО «Приаргунское горно-химическое объединение») является ведущим производителем урана в России и располагает основными мощностями по добыче и переработке молибденовых руд.

17 марта 1956 года в состав МСМ было передано литейное рудоуправление № 16, которое стало в 1967 году Забайкальским горнообогатительным комбинатом. Первым директором Забайкальского ГОК был Д.М. Маров. Целью создания комбината было обеспечение атомной промышленности литейным сырьем, а также получение бериллиевых и танталовых концентратов. В связи с распадом СССР и процессом конверсии деятельность этого комбината резко сократилась.

2.3. Развитие инфраструктуры производства плутония

2.3.1. Производственное объединение «Маяк»

Комбинат № 817 (ПО «Маяк») был создан в соответствии с рядом постановлений в городе Челябинск-40 (Озерск). Первым директором комбината № 817 был Е.П. Славский. В состав комбината входили первый промышленный реактор для наработки плутония (объект «А»), радиохимический завод по переработке ОЯТ и выделению плутония (завод «Б») и завод по производству металлического плутония (завод «В»). Комбинат был пущен в 1948–1949 годах, и его работы позволили получить оружейный плутоний для первого ядерного испытания СССР. Впоследствии комбинат неоднократно расширялся, а его технологии совершенствовались. Так, например, в нем действовало десять промышленных реакторов различного типа:

- реактор «А» – первый промышленный реактор по наработке плутония (1948–1987 годы);
- реакторы «ИР-АИ», «АВ-1», «АВ-2», «АВ-3» – урано-графитовые реакторы по наработке плутония и трития (введены в действие в период с 1950 по 1952 год, остановлены в период с 1987 по 1990 год);
- реакторы ОК-180, ОК-190, ОК-190М – тяжеловодные реакторы, на которых производился плутоний и изотопная продукция (пуск этих реакторов состоялся соответственно в 1951, 1955 и 1966 году; реакторы остановлены в 1966, 1965 и 1986 году);
- реактор «Руслан» – водографитовый реактор, на котором производится как оружейная (третий), так и изотопная продукция (пуск реактора произведен в 1979 году, работает до настоящего времени);
- реактор «Людмила» – тяжеловодный реактор, по которому производится тритий и разнообразная изотопная продукция (пуск реактора произведен в 1988 году, работает до настоящего времени).

За время работы ядерных реакторов неоднократно производилась модернизация многих из них, связанная с увеличением их мощности по сравнению с первоначальным уровнем.

Радиохимический завод «Б», пущенный в эксплуатацию в 1948 году, многократно модернизировался, расширялся и осваивал новые технологии. В 1952 году было принято решение о строительстве дублирующего радиохимического предприятия – завода «ДБ», первая очередь которого была пущена в 1959 году. В связи с тем, что завод «ДБ» и радиохимический завод СХК обеспечивали необходимый объем потребностей в переработке ОЯТ промышленных реакторов, то встал вопрос о переориентации работы и реконструкции завода «Б». В качестве нового вида работ предприятия была определена переработка ОЯТ ядерных реакторов АЭС и энергетических установок флота. Новый завод РТ-1, созданный на базе завода «Б», вступил в действие в 1977 году. В 1987 году на заводе был пущен комплекс отверждения и остекловывания жидких высокоактивных отходов.

В 1949 году начал действовать химико-металлургический завод «В» по производству высокочистого оружейного плутония. На этом же заводе выпускались необходимые детали из плутония, а также из высокообогащенного урана.

К конверсионным видам деятельности ПО «Маяк» относится отработка производства МОХ-топлива, производство различной изотопной продукции и приборов на ее основе. На комбинате ведутся работы по разобогащению оружейного урана для производства ядерного топлива в рамках проекта ВОУ-НОУ.

ПО «Маяк» является важным предприятием, осуществляющим хранение делящихся материалов. За время переработки ОЯТ реакторов ВВЭР-440 из него было выделено около 30 тонн энергетического плутония, который хранится на комбинате. Другим объектом хранения являются оружейные делящиеся материалы, высвобождающиеся из демонтированных ядерных боеприпасов. В 1994 году на ПО «Маяк» было начато строительство центрального хранилища для размещения контейнеров с оружейными материалами емкостью до 50000 контейнеров. Это хранилище должно удовлетворять широкому спектру современных требований по безопасности.

2.3.2. Сибирский химический комбинат

Комбинат № 816 (Сибирский химический комбинат – СХК) был создан в городе Томск-7 (Северск) в соответствии с постановлением Правительства от 26 марта 1949 года. На комбинате должны были производиться работы по получению основных ядерных оружейных материалов, включая:

- наработку плутония в промышленных ядерных реакторах;
- получение диоксида плутония и металлического плутония;
- получение гексафторида урана и производство обогащения урана по изотопу U-235;
- получение металлического обогащенного урана;
- производство деталей из оружейного плутония и оружейного урана.

Для выполнения этих работ на комбинате были построены пять промышленных ядерных реакторов, завод по производству гексафторида урана (1954 год), завод по обогащению урана методом газовой диффузии (1953 год), радиохимический завод для переработки ОЯТ и получения чистых соединений плутония и урана (1961 год), химико-металлургический завод для получения металлических заготовок из плутония и урана и изготовления из них деталей (1961 год). На территории СХК действует специальная система обращения с радиоактивными отходами.

Таблица 5.8. Промышленные ядерные реакторы на Сибирском химическом комбинате

Реактор	Годы работы	Тепловая мощность	Пуск в эксплуатацию
И-1	1955–1990	до 1,2 ГВт	20 ноября 1955 года
ЭИ-2	1956–1990	до 1,2 ГВт	сентябрь 1958 года
АДЭ-3	1961–1992	до 1,9 ГВт	июль 1961 года
АДЭ-4	1964–	до 1,9 ГВт	1965 год
АДЭ-5	1965–	до 1,9 ГВт	1967 год

Реактор «И-1» остановлен 21 августа 1990 года, реактор «ЭИ-2» остановлен 31 декабря 1990 года, реактор «АДЭ-3» остановлен 14 августа 1992 года.

Все реакторы, кроме плутония, производили тепло и электроэнергию для хозяйственных целей. Реакторы «АДЭ-4» и «АДЭ-5» работают в настоящее время, имеют суммарную мощность 3,8 МВт и вырабатывают 0,7 ГВт·год тепла и 0,3 ГВт·год электроэнергии.

За время работы комбината его основное производство неоднократно модернизировалось. Так, например, была существенно увеличена мощность промышленных ядерных реакторов, завод по обогащению урана перешел на центрифужную технологию, были введены новые технологии выделения плутония.

В соответствии с Соглашением между Россией и США с октября 1994 года выделенный на СХК плутоний не используется для оружейных целей, переводится в диоксид PuO₂ и направляется на хранение. В 2003 году была достигнута договоренность об остановке оставшихся двух работающих реакторов и строительства для нужд города Северск тепловой электростанции.

Производство высокообогащенного урана прекращено по СХК в 1988 году, и завод по обогащению урана используется для производства низкообогащенного урана, необходимого для ядерного топлива АЭС.

С 1994 года в рамках программы ВОУ-НОУ высвобождаемый при демонтаже ЯБП оружейный уран подвергается радиохимической переработке (удаление примесей), перерабатывается в

окисную форму и направляется в УЭХК (Новоуральск) и ЭХЗ (Зеленогорск) для фторирования и разобогащения.

С конца 1996 года на СХК начал действовать участок по фторированию и разобогащению урана.

В 1992 году министром РФ по атомной энергии В.Н. Михайловым была утверждена «Комплексная программа конверсии СХК». В 90-е годы на СХК были созданы опытно-промышленное производство фторидов железа и редкоземельных металлов, опытно-промышленное производство магнитов и магнитных сплавов, опытно-промышленное производство ультрадисперсных порошков металлов и их оксидов, производство стабильных изотопов.

2.3.3. Красноярский горно-химический комбинат

Решение о создании комбината № 815 (Красноярский горно-химический комбинат – КГХК) в городе Красноярск-26 (Железногорск) было предписано постановлением Правительства от 26 февраля 1950 года. Основной задачей комбината была наработка оружейного плутония в промышленных реакторах и его выделение на радиохимическом заводе. Особенностью КГХК было размещение его основных производств глубоко под землей в скальных породах. Эта особенность определялась задачей создания производства ядерных материалов, способного сохраниться в условиях ядерной войны. В состав комбината входили: реакторное производство в составе трех промышленных реакторов, радиохимический завод по выделению плутония и урана и металлургический завод по производству металлического плутония. Становление Красноярского ГХК проводилось под руководством его директора А.Р. Белова, работавшего до этого директором завода № 544.

За время работы комбината его основное производство подвергалось модернизации. Так, например, мощность ядерных реакторов была увеличена по сравнению с проектным уровнем от 1,3 до 2,2 раз. Была неоднократно модернизирована и технология выделения плутония.

Таблица 5.9. Промышленные ядерные реакторы на Красноярском горно-химическом комбинате

Реактор	Годы работы	Тепловая мощность	Пуск в эксплуатацию
АД	1958–1992	до 1,8 ГВт	сентябрь 1958 года
АДЭ-1	1961–1992	до 1,8 ГВт	июль 1961 года
АДЭ-2	1964–	до 1,8 ГВт	январь 1964 года

Реактор «АДЭ-2» одновременно используется для обеспечения теплом и электроэнергией города Железногорска. Произведенный на реакторе «АДЭ-2» плутоний с 1994 года не используется для оружейных целей, и в данное время принято решение об остановке реактора и создании для нужд города ТЭЦ.

На комбинате отработывалась технология получения различных радиоактивных изотопов, в частности, Тс-99 и нептуния.

На КГХК действует специальная система обращения с радиоактивными отходами, включая контролируемые захоронения жидких РАО в геологические формации.

С 1977 года на КГХК начали осуществлять программу конверсии. В это же время было начато строительство завода РТ-2 для временного хранения и радиохимической переработки ОЯТ реакторов ВВЭР-1000. В 1985 году была введена в эксплуатацию первая очередь этого завода – хранилище на 6000 тонн ОЯТ. Строительство комплекса по переработке ОЯТ было начато в 1984 году и остановлено в 1990 году из-за отсутствия финансирования.

В рамках конверсионных проектов на КГХК создается производство кремния, необходимого для электронной промышленности, работает опытно-промышленное производство по получению особо чистых материалов – галлия и висмута, рассматривается создание крупного производства по переработке якутских руд с извлечением целого спектра редкоземельных элементов.

2.4. Развитие урановых производств

2.4.1. Уральский электрохимический комбинат

Комбинат № 813 (Уральский электрохимический комбинат – УЭХК) был создан в 1949 году в г. Свердловск-44 (Новоуральск). Первым руководителем УЭХК был Е.М. Ерошев. Это было первое промышленное предприятие по разделению изотопов урана газодиффузионным методом. Первый завод «Д-1» использовал разделительные машины разработки ОКБ Горьковского машиностроительного завода. Появление новых машин привело к созданию на комбинате новых заводов по газодиффузионному разделению урана: «Д-3» – в 1950–1951 годах, «Д-4» – в 1952–1953 годах, «СУ-3» – в 1954 году, «Д-5» – в 1955–1957 годах. Выпуск продукции газодиффузионных заводов в период с 1950 до 1957 года был увеличен в 100 раз.

В 1955 году было принято решение о создании на комбинате участка с разделением изотопов урана газовыми центрифугами. Выполнение этой задачи потребовало освоения промышленного производства центрифуг, и этот участок был введен в действие в 1961 году. К 1964 году на УЭХК был построен первый в мире крупный завод центрифужного обогащения урана. Опыт его эксплуатации подтвердил технологические преимущества этого метода, его экономичность и надежность. В 1966 году была начата программа реконструкции комбината по последовательной замене газодиффузионной технологии обогащения центрифужной технологией. Поскольку одновременно происходило совершенствование центрифуг, то вслед за этим происходила и модернизация производства обогащения урана. В 1988 году на УЭХК была прекращена эксплуатация газодиффузионного оборудования.

К конверсионным направлениям работы УЭХК относятся исследования использования центрифужного метода разделения для получения стабильных и радиоактивных изотопов. Важным направлением деятельности было предоставление услуг по обогащению урана различным энергетическим комплексам стран Европы.

С 1988 года производство оружейного урана прекратилось и обогащательное производство было переориентировано на производство НОУ для нужд ядерной энергетики. В 1994 году на УЭХК было введено в действие производство по разобогащению оружейного урана.

УЭХК обладает самыми большими в России мощностями по разделению изотопов урана (около 50% общего объема).

2.4.2. Ангарский электролизный химический комбинат

Постановление правительства СССР от 10 марта 1954 года предписывало создание комбината № 820 (Ангарский электролизный химический комбинат – АЭХК в г. Ангарске). Первым директором Ангарского ЭХК был В.Ф. Новокшенов. Комбинат представлял собой комплекс заводов по получению гексафторида урана и газодиффузионному способу его обогащения (завод «Д-8»). Пуск первой очереди газодиффузионного завода был осуществлен в октябре 1957 года, а пуск всего газодиффузионного производства произошел в феврале 1963 года. С момента начала производства на комбинате постепенно производилась модернизация газодиффузионного оборудования, которая проходила в четыре этапа в период с 1960 по 1985 год. В период с 1962 по 1985 год производилась и модернизация завода по производству гексафторида урана, который стал в середине 80-х годов крупнейшим производителем этого продукта в мире. В конце 80-х годов на АЭХК были начаты работы по освоению технологии обогащения урана центрифужным методом, и первая очередь этого производства вступила в строй в 1991 году.

2.4.3. Красноярский электрохимический завод

В 1956 году началось строительство города Красноярск-45 и Электрохимического завода (ЭХЗ) по обогащению урана. Этот комбинат вступил в действие в 1962 году. Основной задачей завода было производство высокообогащенного урана для оружейных целей. В качестве основной технологии использовался газодиффузионный метод разделения изотопов урана. В 1988 году производство оружейного урана было прекращено, и комбинат полностью переориентировался на про-

изводство низкообогащенного урана для атомной энергетики. С 1990 года обогащение урана на ЭХЗ производится с помощью высокоэффективных и экономичных газовых центрифуг.

Важным направлением работ комбината является производство широкого спектра стабильных и радиоактивных изотопов различных элементов, разработка оборудования на основе центробежной технологии. В 1998 году в состав ПО «ЭХЗ» вошло предприятие Минатома НТЦ «Центробежные технологии». Это предприятие – ведущий разработчик технологического оборудования, состоящего из газовых центрифуг для обогащения урана и центрифуг для разделения стабильных изотопов.

В настоящее время завод участвует в программе «ВОУ-НОУ», проводя переработку высокообогащенного урана, полученного при демонтаже ЯБП в низкообогащенный уран.

К основным конверсионным направлениям работ комбината относится производство магнитных носителей информации – аудио и видеолент, аудио и видеокассет, а также производство сложной бытовой техники.

2.4.4. Кирово-Чепецкий химический комбинат

Постановление Правительства от 8 октября 1946 года предписывало преобразовать химический завод № 752 в Кировской области в новое предприятие для выпуска продукции на основе хлора и фтора, прежде всего гексафторида урана. Одновременно с реконструкцией завода создавался новый город Кирово-Чепецк. Первым директором Кирово-Чепецкого химического комбината был Я.Ф. Терещенко. В 1950 году завод вступил в эксплуатацию и начал производство гексафторида урана. Поскольку серийное производство фтористой урановой продукции было новым делом, то технологический процесс постоянно совершенствовался, и вместе с этим производилась реконструкция предприятия. В 1952 году в связи с началом программы создания термоядерного оружия на заводе было начато производство обогащенного лития по технологии, разработанной в ЛФТИ под руководством Б.П. Константинова. Этот метод получил дальнейшее развитие, и завод стал важным производителем литиевой продукции. Другим направлением работ комбината явилось создание производства нового вида продукции – фтороорганических соединений, которые получили широкое распространение при создании различных видов гражданской и военной продукции. Среди различных видов производства комбинатом гражданской продукции широко известны медицинские разработки и выпуск средств защиты растений (гербициды, минеральные удобрения).

2.4.5. Новосибирский завод химических концентратов

Постановление Правительства от 28 сентября 1948 года предписывало создание завода № 80 (Новосибирский завод химконцентратов – НЗХК). Первыми руководителями Новосибирского ЗХК были А.М. Михайлов и А.Н. Каллистов. Основным видом работ завода было производство ядерного топлива для ядерных реакторов. Первоначально он производил ядерное топливо на основе природного урана, которое использовалось в промышленных реакторах для наработки плутония. На заводе существовал полный технологический цикл от переработки уранового сырья до выпуска ТВЭЛов. В начале 60-х годов завод начал производство нового вида продукции – ТВЭЛов для исследовательских ядерных реакторов, что определило развитие мелкосерийной продукции различных типов. Важным направлением деятельности завода стало создание производства ТВЭЛов и ТВС для реакторов ВВЭР-1000, в том числе для первого реактора этого типа на Нововоронежской АЭС.

2.4.6. Машиностроительный завод (г. Электросталь)

В соответствии с постановлением Правительства от 13 октября 1945 года завод № 12 Наркомата боеприпасов перепрофилировался в химико-металлургический завод для решения задач атомной программы и прежде всего выпуска блоков из металлического урана. В период с 1945 по 1949 год на заводе были освоены переработка уранового сырья, получение металлического урана и выпуск на его основе блоков для первых ядерных реакторов. Первыми директорами завода № 12 были С.А. Невструев и А.Н. Каллистов. В 1953 году завод начал осваивать производство ТВЭЛов для первой АЭС, а затем для других видов ядерных энергетических реакторов, исследовательских реакторов и ядерных энергетических установок. Отработка технологии и производство ТВЭЛов стала одним из главных видов деятельности машиностроительного завода. В 1954 году завод начал

работы по созданию производства обогащенного лития по технологии ЛФТИ под научным руководством Б.П. Константинова. Первая партия обогащенного продукта была получена в 1956 году. В конце 40-х годов завод освоил производство фильтров для газодиффузионных машин, и это было важным видом деятельности предприятия в 50-е годы. В начале 60-х годов было освоено производство феррито-бариевых магнитов для центрифуг – основы нового промышленного способа разделения изотопов урана.

2.4.7. ПО «Чепецкий механический завод»

Постановление Правительства от 9 декабря 1946 года предписывало создать на базе завода № 544 (г. Глазов) Наркомата вооружения предприятие для атомной промышленности СССР, прежде всего по производству металлического урана для ядерных реакторов. Первым директором завода № 544 был А.Р. Белов. При создании этого производства использовался опыт завода № 12 в городе Электросталь. Первый металлический уран на заводе был получен в конце 1948 года, однако для освоения серийного производства потребовалось создание новой технологической схемы. В 1950–1951 годах завод вошел в стадию нормальной эксплуатации. В связи с переработкой рудного сырья на заводе было освоено получение таких редких элементов, как концентраты радия и протактиния.

Увеличение объема продукции и повышение ее качества требовали совершенствования технологий и реконструкции производства. В номенклатуру продукции завода в 60-е годы входили: слитки из металлического урана, тетрафторид урана, диоксид урана, ТВЭЛы, продукция из обедненного урана.

Важным видом работ стало создание на заводе производства металлического кальция высокой чистоты, необходимой компоненты для выпуска основной продукции, которое начало действовать с 1954 года.

В 1959 году на ПО «Чепецкий механический завод» было освоено производство металлического циркония, а затем сплавов на его основе, а в конце 60-х годов – циркониевых труб и другой циркониевой продукции, необходимых для энергетических ядерных реакторов.

2.5. Серийное производство ядерных боеприпасов

2.5.1. Создание и развитие производства ядерных боеприпасов

Так же, как в вопросе с созданием промышленности по производству делящихся материалов, с опережением решалась проблема серийного изготовления атомных боеприпасов. Еще до завершения всех работ по РДС-1 и почти за два года до ее испытания – в конце 1947 года – началось предварительное обсуждение вопроса о выборе места для строительства серийного завода по производству атомного оружия. Рассматривались различные варианты размещения первого предприятия такого рода.

В октябре 1948 года П.М. Зернов направил Б.Л. Ванникову письмо, в котором обосновывается необходимость строительства одного или двух комплектующих заводов для производства атомных бомб.

В ноябре 1948 года П.М. Зернов представил предварительные соображения относительно строительства серийного производства изделий на территории зоны КБ-11.

В пользу такого решения действовал ряд обстоятельств – наличие в КБ-11 мощной строительной организации и опытной производственной базы, обеспеченной необходимой режимной защитой, возможность подготовки кадров для серийного завода и оказания квалифицированной помощи со стороны разработчиков на этапе становления производства и запуска специзделий в серию.

Ориентировочная стоимость строительства серийного завода оценивалась в 150–170 миллионов рублей, а численность работающих – приблизительно в 3000 человек. При односменной работе количество изделий должно было составлять по предварительным расчетам 20 атомных бомб ежегодно.

В декабре 1948 года вопрос о строительстве первого серийного завода по производству атомного оружия был обсужден в Москве на высшем уровне руководителей атомного проекта. Итогом этого обсуждения явился проект постановления Совета Министров СССР. Это постановление под № 863-327 вышло 3 марта 1949 года. Вслед за ним, 10 марта, вышел приказ № 77 начальника ПГУ,

в котором конкретизировались сроки выполнения и содержание соответствующих задач по созданию серийного производства. Будущее серийное предприятие получило условное обозначение «Ремонтный цех объекта № 550» или «Ремонтный цех Приволжской конторы Главгорстроя СССР» (такое открытое наименование к этому времени получило КБ-11).

Строительные работы по сооружению основных производственных мощностей серийного предприятия были начаты летом 1949 года. Они проводились в основном силами заключенных. Проект строительства разрабатывался специальным проектным институтом, который проектировал и строительство КБ-11. В виду особой важности задачи строительные работы велись без утвержденных проектов и смет, по специальным графикам, предусматривавшим жесткие сроки их выполнения.

До ввода в действие первого серийного завода изготовление и создание ядерных боезапасов производилось в соответствии с постановлением Правительства опытными заводами № 1 и № 2 КБ-11. Поставка комплектующих узлов осуществлялась рядом предприятий союзной промышленности:

- заводами № 48 и № 12 ПГУ при Совете Министров СССР (баллистические корпуса и заготовки из урана);
- Ленинградским заводом «Большевик» (корпуса ядерных зарядов из магниевого сплава, отливки которых поставлял завод № 219 МАП);
- заводом № 25 МАП (блоки автоматики и ряд приборов);
- заводом № 80 в г. Дзержинске (детали из ВВ);
- ОКБ-700 Кировского завода в г. Челябинске (барометрические датчики).

По первоначальному плану строительство первого серийного предприятия по производству ядерного оружия предполагалось закончить к декабрю 1950 года. Но фактически основные производственные здания были сданы в эксплуатацию только во второй половине 1951 года. В течение последующих 6 лет завод находился в составе КБ-11 и именовался «Союзный завод № 551».

В декабре 1951 года в связи с подготовкой серийного производства к выпуску нового типа специзделий, а также увеличением объемов производства и нехваткой мощностей по механической обработке и электромонтажным работам, Совет Министров СССР принял постановление № 5383-234 о расширении завода № 551 и строительстве ряда новых его цехов.

Открытое наименование первое серийное производство ядерного оружия получило в 1966 году. Завод № 551 стал называться электромеханическим заводом "Авангард" (ЭМЗ «Авангард»).

Работы, начавшиеся по формированию такой важной составляющей ядерно-оружейной инфраструктуры, как серийное производство, обусловили необходимость создания соответствующих управленческих структур.

Следует подчеркнуть, что с первых шагов деятельности, направленной на строительство первого серийного завода № 551, в высших эшелонах руководства атомной программой рассматривался вопрос о создании ряда производств такого рода. Как отмечалось выше, в октябре 1948 года П.М. Зернов писал в ПГУ о целесообразности развертывания одного, а «может быть и двух комплектующих заводов». Он предложил в качестве одного из вариантов решения данного вопроса использование завода № 253, находившегося в ведении МСХМ и расположенного в г. Муроме Владимирской области.

В конце октября 1948 года на этот завод, изготавливавший электродетонаторы для обычных видов вооружения, прибыли П.М. Зернов, А.С. Александров, а также директора опытных заводов КБ-11 А.К. Бессарабенко (завод № 1) и А.Я. Мальский (завод № 2). Целью их приезда являлось рассмотрение возможности развертывания серийного производства изделий на базе данного предприятия.

По итогам визита было вынесено следующее заключение – передать завод № 253 в подчинение ПГУ, провести относительно небольшую его реконструкцию по проектному заданию ГСПИ-11 (базовая проектная организация ядерной инфраструктуры), что было достаточным, по мнению этой комиссии, для обеспечения выпуска серии РДС-1.

Однако данное заключение не стало основой практических действий, поскольку руководством ПГУ было принято другое, в стратегическом отношении более правильное, решение. В соответствии с ним размещение серийных комплектующих предприятий ядерно-оружейной инфраструктуры должно было быть развернуто в различных регионах страны, с большим территориальным разбросом – Урал (Свердловская и Челябинская области) и центр России (г. Пенза).

Постановлением Правительства СССР от 1 декабря 1949 года при Первом главном управлении был создан отдел № 3 по комплектации готовых изделий. Начальником отдела был назначен В.И. Алферов.

Задача отдела состояла в том, чтобы организовать и подготовить мощности для серийного производства ядерных боеприпасов. Заместитель начальника ПГУ А.П. Завенягин утвердил Положение о Третьем отделе (на отдел «возлагаются задачи по руководству и обеспечению серийного производства и комплектации готовых изделий РДС»). 30 августа 1951 года начальником Третьего отдела был назначен П.М. Зернов.

В 1953 году было образовано Министерство среднего машиностроения СССР. Все подразделения ПГУ вошли в состав нового министерства, Третий отдел был преобразован в Главное управление приборостроения, его начальником стал П.М. Зернов, заместителем и главным инженером – Н.И. Павлов.

В 1955 году Главное управление приборостроения преобразовывается в три главных управления:

- Главное управление приборостроения (серийное производство специзделий). Начальник – В.И. Алферов.
- Главное управление разработки и испытаний специзделий. Начальник – Н.И. Павлов.
- Главное управление комплектации (эксплуатация и приемка специзделий). Начальник – Н.П. Егоров.

В 50-е годы серийное производство ядерного оружия и его компонентов сильно расширилось и специализировалось. Были построены новые предприятия, ряд заводов был передан из других отраслей промышленности: с 1949 года – завод 48 (ПО «Молния»); с 1949 года – объект 551 (ЭМЗ «Авангард»); с 1950 года – комбинат «Электрохимприбор»; с 1955 года – Приборостроительный завод (Приборостроительный завод, Трехгорный); с 1956 года – Пензенский приборостроительный завод (ПО «Старт»); с 1957 года – Новосибирский приборостроительный завод (ПО «Север»).

Ученые и разработчики ядерного оружия обеспечили разработку ядерных боеприпасов для всех родов войск, а серийное производство обеспечило их изготовление в необходимых количествах, высокого качества и надежности.

В 1966 году Правительством СССР было принято решение увеличить мощности существующих серийных заводов, расширить номенклатуру изготавливаемых узлов. Предусматривалось увеличить объемы производства специзделий более чем в 2,5–3 раза. В начале 80-х годов СССР догнал и перегнал США по количеству ядерных боеприпасов.

Расширение номенклатуры и увеличение количества выпускаемых ядерных боеприпасов потребовали расширения сборочного производства. В 1954 году было принято решение о начале строительства приборостроительного завода в Пензе-19, специализирующегося на выпуске электромеханических, электронных и радиотехнических узлов ядерного оружия. Необходимая для широкомасштабного производства ядерных боеприпасов научно-конструкторская и производственная база была создана в Уральском регионе и Сибири (Челябинске-70, Свердловске-45, Златоусте-36, Новосибирске). В конце 50-х годов был расширен завод № 48 в Москве (в настоящее время ПО «Молния»), занимавшийся производством баллистических корпусов и блоков автоматики. В 1955 году серийное производство ядерных боеприпасов было выделено в Шестое главное управление Минсредмаша.

Шестое главное управление, в настоящее время Департамент промышленности ядерных боеприпасов (ДП ЯБП), осуществляет весь комплекс работ по серийному производству ядерных боеприпасов, их техническому обслуживанию и разборке.

2.5.2. Электромеханический завод «Авангард»

Электромеханический завод «Авангард» был основан в марте 1949 года в городе Арзамас-16 (ныне Саров) как первое серийное ядерное предприятие для обеспечения Советской Армии и Флота ядерным оружием. В Постановлении Совета Министров СССР от 3 марта 1949 года, подписанном И.В. Сталиным, говорилось, что сборочный завод должен выпускать 20 бомб типа РДС-1 в год.

Завод имел ряд условных наименований. До 1957 года предприятие находилось в составе КБ-11 (ныне РФЯЦ-ВНИИЭФ) и вплоть до декабря 1966 года оно называлось «Союзным заводом № 551». Это было закрытое наименование, использовавшееся исключительно в секретной переписке. Для внутреннего пользования, параллельно с этим закрытым названием, использовалось еще одно – завод № 3.

Начиная с декабря 1966 года, предприятие получило открытое наименование – Электромеханический завод «Авангард».

В декабре 1951 года первые три серийные атомные бомбы типа РДС-1 «вышли» с завода.

Это было первое достижение коллектива, прорыв в деле создания ядерного оружия СССР. Этот факт, в то же время, не воспринимался как завершение напряженной работы. На очереди были более совершенные конструкции ядерных зарядов, которые предстояло внедрить в серию.

Главным резервом кадров для нового предприятия стал ВНИИЭФ. Руководящие должности на заводе были в основном укомплектованы работниками конструкторских и инженерных подразделений и опытных заводов ядерного центра. Кадровый набор на первое серийное ядерное предприятие шел на многих предприятиях страны. Работники отдела кадров выезжали в крупнейшие научно-исследовательские институты, конструкторские бюро и передовые промышленные предприятия для отбора работников. В основном, это были предприятия Уральского региона, Горького, Москвы, Куйбышева, Казани и других городов.

Учитывая особенности в деятельности завода, была продумана система специальной подготовки вновь прибывавших работников на предприятие. Они проходили стажировку на опытных заводах и в лабораториях ВНИИЭФ.

Что касается инженерно-технических работников, перешедших из института, то они уже знали специфику дела, имели опыт, приобретенный ими при разработке и создании опытных образцов ядерных зарядов.

В последующие годы комплектование предприятия кадрами шло обычным для советской промышленности путем. На требуемое количество рабочих и инженерно-технических работников готовились заявки в Министерство среднего машиностроения, и они удовлетворялись за счет выпускников ВУЗов, средних учебных заведений и технических училищ.

Начиная с 70-х годов, наметились новые тенденции в кадровой политике завода. Резко уменьшился приток работников извне, и руководство стало ориентироваться на подготовку специалистов в городе.

Профессиональные знания очень высоко ценились, и поэтому существовало общее стремление повышения своей квалификации.

Положительным моментом в истории становления и развития завода явилось его создание на основе ядерного центра. Это облегчило задачу подбора кадров и содействовало быстрому промышленному освоению идей разработчиков ядерного оружия, благодаря постоянным и тесным контактам с ними. Научно-техническая поддержка ВНИИЭФ повышала эффективность решений возникавших технических и технологических вопросов и способствовала формированию на заводе творческой обстановки.

С 1993 года на ЭМЗ «Авангард» объем военной продукции постоянно уменьшался, уменьшалась и численность работников завода. Были сформированы основные направления конверсии, из которых наиболее важными являются:

- разработка и производство медицинской аппаратуры и техники для оснащения крупных диализных центров, областных и районных больниц;
- разработка и производство комплексов и отдельных приборов технических средств охраны и физической защиты различных объектов;
- разработка и производство оборудования для энерготранспортного машиностроения и топливно-энергетического комплекса страны.

В настоящее время в рамках реконструкции основных предприятий Минатома часть ЭМЗ «Авангард» структурирована в виде самостоятельных конверсионных предприятий, а часть включена в состав РФЯЦ-ВНИИЭФ.

2.5.3. Предприятия по производству ядерных боеприпасов и их компонентов

Комбинат «Электрохимприбор»

Постановление Совета Министров СССР от 6 июня 1947 года определило создание завода № 418 в городе Свердловск-45 (Лесной). Первым директором ЭХП был Д.Е. Васильев. Завод должен был осуществлять электромагнитное разделение изотопов урана. Первая продукция завода была

выпущена в 1950 году и использовалась в ядерных испытаниях СССР 1951 года. В это время стало ясно, что газодиффузионная технология достаточно развилась, чтобы решить стоявшие задачи по производству оружейного урана, и в промышленном использовании электромагнитной технологии для его наработки нет необходимости. Перед заводом была поставлена новая задача – выпуск обогащенного лития, что было связано с новой оружейной проблемой – созданием термоядерного оружия. В 1953 году было произведено необходимое количество этого нового материала.

В 1955 году электромагнитное производство завода было переведено на наработку широкого спектра стабильных изотопов, так как обогащение лития стало производиться по другой технологии. Выпуск стабильных изотопов позволил как удовлетворить внутренние потребности страны, так и осуществить их экспорт во многие страны мира.

Постановлением Совета Министров СССР от 15 сентября 1951 года заводу поручалось создание производства по изготовлению ядерных боеприпасов и зарядов. Эта задача была выполнена, и в короткий срок на заводе был создан полный цикл серийного производства ЯБП. При этом активно использовался опыт создания первого серийного производства ЯБП на заводе № 551 (ЭМЗ «Авангард»). Начиная с 1955 года, завод был расширен и реконструирован. На комбинате ЭХП в 50-е годы были освоены в серийном производстве разработки КБ-11, НИИ-1011 и КБ-25.

В настоящее время комбинат «ЭХП» является одним из основных предприятий Минатома по серийному производству и демонтажу ЯБП, а также хранению их компонент.

Приборостроительный завод

Решение о создании завода № 933 (приборостроительный завод – ПСЗ) в городе Златоуст-36 (Трехгорный) было предписано Постановлением Совета Министров СССР от 24 января 1952 года. Первым директором Приборостроительного завода был К.А. Володин, переведенный в Златоуст-20 с завода № 551, где он до этого являлся директором первого серийного предприятия по выпуску ЯБП. Основной задачей завода было освоение серийного выпуска ЯБП. Первая продукция ПСЗ была выпущена уже в 1955 году. На заводе производились различные виды ЯБП, которые предназначались для оснащения средств доставки самых разных типов. ПСЗ является одним из основных предприятий Минатома по серийному производству и демонтажу ЯБП.

Производственное объединение «Старт»

Постановлением Совета Министров СССР от 20 июля 1954 года было предписано создание завода № 1134 (ПО «Старт») вблизи города Пензы. Вместе с заводом был построен город Пенза-19 (Заречный). Первым директором завода был М.В. Проценко («Старт»). Основной задачей завода было серийное производство продукции для ЯБП. В 1958 году было освоено производство первых приборов, а с 1961 года производственные возможности завода существенно расширились. В конце 1963 года на заводе была начата сборка первых серийных ЯБП. В начале 70-х годов на ПО «Старт» были созданы новые производства по серийному изготовлению изделий микроэлектронной техники. В период с 1971 по 1990 год производилась новая реконструкция завода, а на рубеже 90-х годов на ПО «Старт» начался процесс конверсии.

ПО Машиностроительный завод «Молния»

Постановлением Правительства от 14 сентября 1945 года в ведение ПГУ был передан завод № 48 (ПО МЗ «Молния») – одно из ведущих предприятий Наркомата боеприпасов, занимавшихся производством корпусов фугасных бомб и мин. Первым директором завода был Г.Я. Воропаев («Молния»). К основным видам работ завода в новой системе относились изготовление химико-технологического и горнорудного оборудования и образцов корпусов первых ядерных авиабомб. С 1954 года предприятие осваивало серийный выпуск различного приборного оборудования, необходимого МСМ, включая блоки автоматики ЯБП. С 1970 года на заводе началось производство специальной диагностической аппаратуры, которая использовалась при проведении ядерных испытаний. Эти работы проводились в течение длительного времени в сотрудничестве с НИИИТ. В 60-е и в 70-е годы на заводе совершенствовались технологии изготовления корпусов и осваивалось серийное производство корпусов новых типов. В начале 80-х годов ПО МЗ «Молния» стало производить продукцию микроэлектроники. В середине 80-х годов предприятие вступило в период развития конверсии производства.

Уральский электромеханический завод

Постановлением Правительства в 1949 году было принято решение о создании на заводе № 707 производства элементов ядерных боеприпасов. Это решение явилось основой для создания Уральского механического завода в системе МСМ. Первым директором предприятия был А.А. Соловьев. Завод неоднократно реконструировался, расширял производственные площади и объемы производства. Первая продукция завода включала блоки автоматики, пульта управления центрифугами и сами центрифуги для разделения изотопов урана. В 60-е годы были освоены производства изделий микромеханики и электроники. К конверсионным работам предприятия относятся разработка и производство средств телекоммуникации, средств автоматизации систем управления атомных электростанций, приборов автоматики для нефте- и газопроводов.

2.6. Министерство обороны и атомный проект

В мае 1951 года в целях упорядочения правил приемки опытных и серийно изготавливаемых спецбоеприпасов и обеспечения их высокого качества, распространения на них правил приемки военной техники, поступающей на вооружение Советской Армии, постановлением СМ СССР была создана Специальная (военная) приемка Главгорстроя СССР в составе ПГУ. Комплектование Специальной военной приемки осуществлялось за счет военнослужащих МО, направляемых в Главгорстрой для прохождения военной службы.

Вначале МСМ было и заказчиком, и разработчиком ядерного оружия, а МО ведало в основном полигонами. В дальнейшем, постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР функции заказчика были переданы МО. Тактико-технические требования (ТТТ) к зарядам разрабатывались совместно МСМ и МО и утверждались министром обороны. Участие МСМ в составлении ТТТ к боеприпасу было необходимо, поскольку не все требования МО могли быть реализованы в той или иной конструкции, и соответственно оптимальное решение могло быть итогом компромисса.

В конце 50-х годов в орбиту взаимодействия включилось Главное ракетно-артиллерийское управление, что было связано с изготовлением специзделий меньших габаритов – боевых частей тактических ракет.

Примерно в это же время начинаются контакты по линии ВМФ, что потребовало нового уровня координации и специализации работы большого количества предприятий и организаций, входивших в инфраструктуру ядерно-оружейного комплекса СССР.

Изменилась и организация ядерных испытаний в Министерстве Вооруженных Сил СССР (впоследствии Министерство обороны). В 1949 году Специальный отдел Генштаба был преобразован в управление Министерства Вооруженных Сил (начальник В.А. Болятко) с возложением на него функций по обеспечению испытаний ядерного оружия. В 1957 году было создано Главное управление МСМ, укомплектованное военными специалистами. В задачу этого управления входила специальная приемка ядерных зарядов, комплектование войсковых частей специалистами по эксплуатации ядерных зарядов, внедрение ядерных зарядов в армию, организация строительства сооружений, необходимых для эксплуатации ядерных зарядов. В 1959 году оно было передано в Министерство обороны СССР.

Инфраструктура, обеспечивавшая разработку и производство ядерного оружия, дополнялась формированиями и подразделениями, подчиненными Министерству Обороны. К ним, прежде всего, относились испытательные полигоны, на которых отрабатывалось оружие, а также научно-исследовательские учреждения, аппарат представительства МО и военно-сборочные бригады.

Поскольку выше уже говорилось об истории создания ядерного полигона в районе г. Семипалатинска, то в данной главе речь пойдет только о других звеньях «военной» инфраструктуры.

2.6.1. Новоземельский испытательный полигон

Одним из главных новых элементов инфраструктуры стал Северный испытательный полигон на островах Новая Земля. Потребность в его создании была обусловлена рядом объективных обстоятельств:

- увеличением мощности разрабатывавшихся и испытывавшихся изделий;
- обострением экологической ситуации в районе, прилегающем к Семипалатинскому полигону;
- начавшимися исследованиями, связанными с изучением поражающих факторов подводных ядерных взрывов.

При решении вопроса о месте расположении нового полигона принималось во внимание следующее:

- необходимость максимально возможной удаленности от крупных населенных пунктов и коммуникаций;
- допустимость проведения испытаний в трех средах – на суше, в воде и в атмосфере;
- возможность всестороннего исследования воздействия ядерного взрыва на все виды вооружения и военной техники, в том числе на корабли, подводные лодки, фортификационные сооружения и т.п.;
- отчуждение территории под полигон не должно было оказать заметного негативного влияния на хозяйственно-экономическую деятельность региона в период проведения испытаний и в отдаленной перспективе.

Всем этим требованиям в должной мере отвечал расположенный в Северном ледовитом океане архипелаг – острова Новой Земли.

Так, ближайший крупный населенный пункт, поселок Амдерма, расположен на расстоянии 300 километров от полигона, административно-промышленный центр Архангельск – на расстоянии более 1000 километров, областной центр и крупный морской порт Мурманск – на расстоянии более 900 километров.

С учетом всей совокупности условий 31 июля 1954 года было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о создании на островах Новой Земли нового ядерного полигона. Его площадь – 90200 квадратных километров, из которых на сушу приходится 55000 квадратных километров. Протяженность полигона с юга на север 750 километров, ширина – 150 километров.

Воздушные, наземные и подводные ядерные взрывы начали производиться на Новоземельском полигоне с 1955 года. С 1964 года – здесь проводились подземные ядерные испытания.

Всего за время существования полигона на нем было проведено 88 атмосферных взрывов, 3 подводных и 39 подземных испытаний ядерного оружия.

Первое ядерное испытание на полигоне состоялось 21 сентября 1955 года. Это был подводный ядерный взрыв. 30 октября 1961 года на Северном полигоне был произведен самый мощный в истории ядерный взрыв с энерговыделением около 50 Мт.

Последний взрыв в атмосфере на полигоне Новая Земля был осуществлен 25 декабря 1962 года, а под землей – 24 октября 1990 года.

В настоящее время этот полигон – Центральный полигон Российской Федерации (ЦП РФ) – законсервирован, и на нем время от времени проводятся только эксперименты без ядерного энерговыделения в интересах обеспечения безопасности и надежности ядерного арсенала России.

2.6.2. Полигоны ВВС

Неотъемлемыми элементами «военной» структуры ядерно-оружейного комплекса были полигоны Военно-воздушных сил СССР. На этих полигонах проводилась отработка баллистики атомных авиационных бомб, подготовка экипажей к их боевому применению, проведению дозиметрического контроля по ходу следования радиоактивного облака и отбору проб из него, а также – летные испытания, то есть бомбометание изделий, не снаряженных ядерными зарядами.

Первоначальная отработка баллистики корпусов авиабомб проводилась на подмосковном полигоне ВВС, расположенном вблизи г. Ногинска. Близость крупного административного центра, достаточно высокая вероятность отклонения точки падения бомбы от центра цели при бомбометании с высоты около 10 километров обусловили необходимость поиска более подходящей территории для строительства специального полигона.

Такую территорию нашли в Крыму, в районе города Керчь. В августе 1947 года было принято правительственное постановление о строительстве там полигона № 71 ВВС. В последующем, когда полигон был готов, вся летная отработка контрольных образцов разрабатываемых авиационных бомб производилась на данном полигоне.

Работы с макетами первой атомной бомбы РДС-1 на 71-м полигоне начались в 1948 году. Летно-баллистическая отработка была завершена к моменту наземного испытания ядерного заряда, состоявшегося на Семипалатинском полигоне 29 августа 1949 года, и сразу же началась подготовка

к испытанию со сбросом атомной бомбы с самолета. Было принято решение реализовать новый, более прогрессивный вариант ядерного заряда, в два раза мощнее испытанного в 1949 году и меньшего по габаритам, что позволяло сделать бомбу РДС-3 почти в два раза легче и существенно меньшего диаметра, чем РДС-1. На 71-м полигоне началась летная отработка макета РДС-3.

18 октября 1951 года было проведено первое воздушное испытание атомной бомбы РДС-3 с ее сбросом с самолета Ту-4. Управление испытаниями осуществлялось с центрального командного пункта, на котором находились И.В. Курчатов, Ю.Б. Харитон, Я.Б. Зельдович, маршал М.И. Неделин.

На Семипалатинском полигоне испытания атомного оружия проводились сбросами с самолетов Ту-4, Ту-16, Ил-28 и Су-ТБ. С появлением термоядерного оружия воздушные ядерные взрывы большей мощности с 1957 года обеспечивались сбросами с носителей Ту-16, Ту-95 на Северном испытательном полигоне.

На завершающем этапе воздушных ядерных испытаний, перед объявлением моратория, была разработана уникальная методика, позволяющая в одном полете звена из трех самолетов-носителей проводить испытания трех бомб с интервалами для перестройки самолетов и перезарядки регистрирующей аппаратуры опытного поля. Все необходимые измерения, связанные с оценкой параметров ядерного взрыва, осуществлялись с помощью самолетных измерительных средств.

2.6.3. Техническая инспекция

Существенную роль в инфраструктуре разработки ядерных боеприпасов играл аппарат представительства Министерства Обороны. Инициатива в создании такой структурной единицы исходила не от военных, а от самих разработчиков и производителей ядерного оружия. Они, прежде всего, были заинтересованы в полном соответствии выпускаемой ими продукции требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

Опыт изготовления макетов РДС-1 и образца для первого натурного испытания, основные узлы которого принимались комиссией, определил целесообразность формирования специального структурного подразделения КБ-11 для приемки выпускаемых изделий. После успешных испытаний РДС-1 и первых действий по началу строительства серийного производства авиационных атомных бомб в КБ-11 в соответствии с приказом № 019 П.М. Зернова, подписанного 1 марта 1950 года, была создана техническая инспекция, начальником которой был назначен инженер-подполковник В.В. Дубицкий.

В функции технической инспекции входило обеспечение контроля за качеством и комплектностью изготавливавшихся на опытных заводах КБ-11 и поступающих с предприятий-поставщиков узлов и деталей специзделий, приемка материалов и полуфабрикатов, а также оформление технической документации на принятые изделия.

Летом 1950 года сотрудники отдела технической инспекции, включенные в состав комиссии, возглавлявшейся начальником КБ-11 П.М. Зерновым, произвели приемку первого серийного образца изделия «501» (РДС-1). Заместителем председателя комиссии был В.В. Дубицкий, а членами комиссии – начальники конструкторских отделов и сотрудники отделов технической инспекции.

Принятые серийные изделия в неокончательно собранном виде (без электродетонаторов, плутониевого заряда и ряда других узлов) хранились вначале на территории завода № 1 КБ-11. Затем были построены специальные хранилища. Они были расположены на площадках, значительно удаленных от жилой и промышленной зоны объекта. Там складировался первоначальный боезапас атомного оружия.

Кроме участия в приемке готовых изделий, на техническую инспекцию была возложена обязанность периодически (раз в три месяца) проводить контрольный осмотр их состояния. По результатам этого контроля изделиям «501» устанавливался новый гарантийный срок годности и срок последующей проверки. Обсуждение результатов проверки узлов проводилось совместно с их разработчиками.

Положительные результаты проверки первой партии узлов РДС-1 позволили вскоре перейти к проверкам не через три месяца, а через год и не всех узлов, а только представителей от партии выпуска.

Опыт контроля за состоянием ядерных боеприпасов первого поколения позволил в дальнейшем выработать четкую систему выборочных контрольных проверок, аттестаций и осмотров, гарантирующую сохранность технических характеристик изделий в течение всего срока службы.

2.6.4. Специальная приемка

Техническая инспекция, как начальная форма особой структурной единицы в составе общей ядерно-оружейной инфраструктуры, просуществовала относительно недолго. В мае 1951 года постановлением Совета Министров для контроля за качеством изготовления деталей, узлов, механизмов и материалов, идущих на создание изделий «501», при КБ-11 и заводе № 551 была организована специальная приемка. Приемка комплектовалась кадрами офицерского состава Министерства обороны.

Военпреды учились контролю за качеством у сотрудников технической инспекции и осваивали новую технику с помощью разработчиков.

Спецприемка была независимым от КБ-11 органом контроля качества и входила в состав отдела комплектации (отдел № 10) при Первом главном управлении. Данный отдел ведал не только приемкой продукции, но и вопросами хранения боезапаса РДС-1.

Начальником отдела № 10 и специальной приемки был назначен инженер-полковник Н.П. Егоров. В последующем на базе отдела № 10 было организовано Двенадцатое главное управление Министерства обороны (12 ГУ МО), ведавшее вопросами оснащения Вооруженных Сил страны ядерными боеприпасами. Первым его начальником был Н.П. Егоров.

Права и обязанности военных представителей на предприятиях промышленности определялись специальным положением. Главной задачей военпредов был контроль за качеством изготовления и комплектацией выпускаемой продукции. В их функции и обязанности входило также наблюдение за ходом НИОКР, участие в проводимых испытаниях опытных и серийных образцов специзделий, рассмотрение и согласование технической и конструкторской документации, контроль за соблюдением технологического процесса изготовления спецпродукции, исправностью и системой контроля измерительного инструмента.

Несколько позднее были введены должности старших инженеров-приемщиков на опытном заводе № 1 КБ-11 и первом серийном предприятии по изготовлению ядерных боеприпасов – заводе № 551, а также должность районного инженера, призванного координировать и направлять деятельность подчиненных ему специальных приемок и их сотрудников.

С развитием и развертыванием инфраструктуры разработки и производства ядерного оружия количество военных представителей увеличивалось, а сфера их деятельности расширялась. Если первые военпреды несли личную ответственность в основном за соответствие выпускаемых узлов и изделий требованиям конструкторской документации, то в дальнейшем представителям заказчика, наряду с этими обязанностями, было поручено вести контроль за ходом НИОКР, давать заключения по завершенным этапам и стадиям разработки, а также – по соответствию вновь создававшихся образцов ядерного оружия тактико-техническим заданиям Министерства обороны. По существу, представители Министерства обороны на предприятиях промышленности, входивших в ядерно-оружейную инфраструктуру, стали соисполнителями проектов.

С увеличением объема обязанностей, возлагаемых на представителей заказчика, повышались требования, предъявляемые к их профессиональной компетентности.

Поэтому военные представительства 12 ГУ МО комплектовались из офицеров, имеющих, как правило, высшее образование и прошедших специальную подготовку в учебных центрах Министерства обороны. Периодически личный состав военных представительств, включая руководителей, проходил переподготовку в этих же центрах. Главным звеном их обучения являлась постоянная и целенаправленная техническая подготовка, которая проводилась, например, для военпредов, контролирующих НИОКР, с привлечением ведущих специалистов КБ-11.

Военпреды при научно-исследовательских и опытно-конструкторских организациях были проводниками технической политики Министерства обороны. Основными методами их воздействия на качество разработок и выпускаемой продукции являлись заключения по завершенным стадиям работ, контроль за реализацией отмеченных в заключениях замечаний, выступления на научно-технических советах и различного рода совещаниях, приемка выпускаемой продукции на соответствие конструкторской и технологической документации, участие в подготовке и проведении ядерных и летно-конструкторских испытаний, во всех видах лабораторно-конструкторской отработки.

2.6.5. Обучение военных специалистов

Вполне закономерно, что с принятием решения о создании боезапаса РДС-1, расширением объема полигонных ядерных и летных испытаний, определилась необходимость обучения военных специалистов, призванных технически обслуживать изделия, находившиеся на хранении, и готовить атомные авиабомбы к летным испытаниям на полигоне № 71 ВВС и на Учебном полигоне № 2 Министерства обороны. Базой для развертывания начальной системы такой подготовки стало КБ-11.

22 мая 1950 года начальник объекта П.М. Зернов подписал приказ о назначении комиссии из числа ведущих специалистов КБ-11, которая должна была принять своего рода экзамен на определение степени подготовленности к работе с изделием «501» группы военных специалистов, проходивших стажировку на объекте. По-видимому, это была одна из первых групп военных специалистов, готовившихся принять на себя соответствующие обязанности по линии Министерства обороны.

В 1951 году по решению Минобороны и в соответствии с приказом начальника объекта от 19 октября 1951 года при заводе № 551 был создан учебный центр под общим руководством заместителя начальника КБ-11 В.И. Алферова. Непосредственным начальником учебного центра был инженер-полковник И.А. Назаревский.

Задачей учебного центра была подготовка личного состава бригад войсковых частей и КБ-11 к сборке и обслуживанию ядерных боеприпасов, а также обучение преподавательского состава будущих учебных центров 12 ГУ МО, которые должны были готовить специалистов по эксплуатации ядерного оружия.

Подготовка военных специалистов в центре велась по двум направлениям, связанным с атомным зарядом и автоматикой подрыва. Продолжительность обучения составляла полгода, обучающиеся были объединены в потоки по 35–50 человек.

Преподавательский состав комплектовался из числа научных сотрудников и конструкторов КБ-11. К чтению лекций для слушателей учебного центра привлекались Ю.Б. Харитон, К.И. Щёлкин, С.Г. Кочарянц, В.С. Комельков.

Первый поток слушателей, скомплектованный из офицеров, старшин и мичманов, приступил к обучению в начале 1952 года. В этом потоке была также группа старших офицеров в звании полковников, ставших первыми руководителями специальных бригад по эксплуатации ядерных боеприпасов.

В 1952 году из числа первых выпускников учебного центра были сформированы две военно-сборочные бригады, личный состав которых был прикомандирован к КБ-11 и заводу № 551. В последующем военно-сборочные бригады, так же как военная приемка, стали специфическими звеньями инфраструктуры разработки и производства ядерного оружия, которые сохранились до настоящего времени.

2.6.6. Обеспечение безопасности ядерного оружия и Министерство обороны

Предметом особой заботы военных звеньев инфраструктуры, так же как разработчиков и производителей ЯО, были не только высокие тактико-технические параметры и качества ядерных боеприпасов, но и простота эксплуатации, безопасность при изготовлении, хранении и перевозке, а также в возможных аварийных ситуациях.

В связи с малой изученностью вопросов взрывобезопасности, для РДС-1, по решению Ю.Б. Харитона, был принят режим раздельного хранения плутониевого ядра, электродетонаторов и нейтронного запала от собранного заряда из ВВ. На территории КБ-11 были сооружены четыре специально оборудованных склада для хранения деталей ВВ. В каждом из складов могло находиться до 50 тонн взрывчатки. Особое хранилище было спроектировано и построено для плутониевых зарядов. Оно было рассчитано на десятибалльное землетрясение.

Документацией предусматривался и такой вариант хранения РДС-1, при котором атомный заряд, но без плутония, нейтронного запала и электродетонаторов был уже установлен в корпус авиабомбы с автоматикой.

Однако при любом варианте раздельного хранения обеспечивалась возможность перевода бомбы в боевое состояние в сжатые сроки.

Начиная с создания первого образца, разработчики пошли по пути обеспечения безопасности при обращении с ядерными боеприпасами за счет схемных и конструктивных решений, сочетающихся с организационно-техническими мероприятиями.

Объем исследований безопасности ядерных боеприпасов существенно возрос в связи с передачей на вооружение изделия РДС-4, которое в отличие от всех предыдущих хранилось уже не на складах предприятий-изготовителей, а непосредственно в войсках.

В эти годы стал обсуждаться вопрос о возможности транспортировки боеприпасов в полностью собранном и снаряженном виде. Постановка такого вопроса со стороны Министерства обороны была не новой и определялась необходимостью сокращения времени для перевода изделий в боевую готовность.

Наряду с образованием особых, «военных», подразделений, формировавшихся по ходу развертывания инфраструктуры, связь и координация деятельности разработчиков и серийщиков, с одной стороны, и заказчика в лице Министерства Обороны, с другой, постоянно расширялась и укреплялась.

Так, например, ЭМЗ «Авангард» в течение 50-х годов наиболее тесно сотрудничал с Военно-воздушными силами. Со второй половины 50-х годов было налажено производство принципиально новых специзделий – боевых частей баллистических ракет, которые поставлялись Главному управлению ракетного вооружения. В этот период шел сложный процесс координации деятельности с разработчиками и изготовителями ракет.

2.7. Создание технологий производства и обращения с радиоактивными материалами

Работы по созданию и развитию технологий производства, обращения и изучения свойств различных радиоактивных материалов для нужд ядерного оружейного комплекса и гражданской атомной энергетики были сосредоточены в основном в Радиевом институте и во ВНИИ неорганических материалов.

2.7.1. НПО «Радиевый институт» имени В.Г. Хлопина

Радиевый институт являлся одним из основных участников ядерной программы СССР. Его руководители, В.И. Вернадский и В.Г. Хлопин, еще в 20-е и 30-е годы предвидели фундаментальное влияние открытий в ядерной физике на развитие цивилизации. В июле 1940 года была создана Комиссия по проблеме урана, и ее возглавил директор РИАН В.Г. Хлопин. Сразу после окончания Великой Отечественной войны коллектив Радиевого института под руководством В.Г. Хлопина разработал технологическую схему выделения плутония из облученного в реакторе урана, то есть технологию радиохимического производства. Это была одна из ключевых задач атомного проекта. На основе этой технологии был создан завод «Б» комбината № 817 – первый радиохимический завод СССР, а его продукция была основой для создания первой атомной бомбы, испытанной в 1949 году. В период 50-х и 60-х годов технология выделения плутония совершенствовалась, и результаты работ Радиевого института внедрялись на ПО «Маяк», в производство СХК и КГХК – плутониевых комбинатов СССР. В 1970 года Радиевый институт стал ведущей организацией по созданию технологии для нового радиохимического завода по переработке ОЯТ энергетических реакторов ВВЭР-1000 (завода РТ-2) и такая технология была разработана.

Важное значение в деятельности Радиевого института имели разработки по обращению с радиоактивными отходами, твердыми, жидкими и газообразными. В период, начиная с 70-х годов, в институте проводились интенсивные исследования проблем обоснования захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях.

Важные результаты были получены при развитии радиохимии актиноидов и продуктов деления, исследованиях поведения радионуклидов в окружающей среде, в разработке технологии выделения и очистки Pu-238 (необходимого компонента для биомедицины). Широкое развитие получили работы по созданию радиоактивных источников различных видов для промышленности, приборного оборудования, военной и космической техники. В институте созданы технологии синтеза биологически активных соединений, содержащих меченые атомы (радионуклиды).

Специалисты Радиевого института разрабатывали средства диагностики для ядерных испытаний СССР, технологии использования ядерных взрывов в мирных целях, в том числе для наработки необходимых для интенсивного развития ядерной энергетики Pu-239 и U-233 при проведении ядер-

ных взрывов в каменной соли. Важное значение имеют исследования Радиевого института по экологическому состоянию ядерных полигонов и площадок мирных ядерных взрывов СССР, а также общие исследования по проблемам радиоэкологии.

Значительное место в работе Радиевого института занимают фундаментальные и прикладные исследования по изучению ядерно-физических характеристик различных изотопов, созданию научных основ дозиметрии проникающих излучений. В настоящее время институт возглавляет А.А. Римский-Корсаков.

2.7.2. ВНИИ неорганических материалов имени А.А. Бочвара

Создание НИИ-9 (ВНИИНМ) было определено постановлением ГОКО от 8 декабря 1944 года. Основными задачами института были разработка технологий и материаловедения урановой и плутониевой проблем. Первоначально НИИ-9 занимался изучением месторождений урана, разработкой методов обогащения урановых руд и их переработки, получения металлического урана. В связи с созданием комбината № 817 НИИ-9 стал работать над технологией получения металлического плутония. Эти работы проводились под руководством А.А. Бочвара и Н.И. Черняева совместно со специалистами РИАН. Первый образец металлического плутония был получен в январе 1949 года, а затем было произведено его количество, необходимое для создания и испытания первой атомной бомбы. Разработка технологии получения металлического плутония явилась важным элементом реализации атомной программы СССР.

В НИИ-9 была разработана также промышленная технология получения металлического урана (руководители – А.Н. Вольский и Ф.Г. Решетников), которая была внедрена на заводе № 12 для обеспечения первых промышленных ядерных реакторов. В связи с задачей серийного производства ядерных зарядов во ВНИИНМ разрабатывалась и развивалась технология обработки урана и его сплавов. Развитие производств по обогащению урана потребовало создания технологии получения металлического урана-235.

В начале 50-х годов в связи с проблемой создания термоядерного оружия ВНИИНМ разработаны технологии получения трития и содержащих тритий соединений.

Развитие ядерной энергетики было связано с разработками ВНИИНМ технологий производства ТВЭЛов и ТВС ядерных энергетических реакторов и ядерных энергетических установок.

Важное место в работе института занимает проблема переработки ОЯТ. В 70-е годы была разработана технология переработки ТВЭЛов для завода РТ-1 на ПО «Маяк» с целью выделения энергетического плутония и регенерированного урана. Пуск завода РТ-1 был осуществлен в 1977 году, а с 80-х годов регенерированный уран использовался для производства ядерного топлива энергетических реакторов. В институте разработана также технология переработки ОЯТ реактора БН-600.

В ВНИИНМ проводятся работы по развитию технологий обращения с радиоактивными отходами, включая схемы очистки концентрированных РАО низкого и среднего уровня активности. Применительно к проблеме ВАО был выполнен комплекс исследований по технологии их остекловывания, которая была реализована на ПО «Маяк».

Применительно к задачам атомной энергетики во ВНИИНМ была разработана технология производства циркониевой продукции; для гражданских и военных разработок была создана технология производства продукции из бериллия.

Широкое развитие в институте получили исследования по использованию изотопных источников. Эти работы восходят к концу 40-х годов, когда в НИИ-9 была создана установка для получения Po-210, необходимого для изготовления Po-Be нейтронных источников. С 1952 года эта технология была передана для серийного производства на ЭМЗ «Авангард». Эти работы были впоследствии развиты для создания тепловых и электрических генераторов на основе Po-210, которые использовались в космической программе СССР.

Еще одним направлением деятельности института было создание методов и средств контроля материалов, используемых на предприятиях атомной промышленности. Эта работа была начата в 1945 году, когда было осознано ее значение, и была создана специальная комиссия под руководством академика А.П. Виноградова.

Первым директором НИИ-9 был В.Б. Шевченко. Впоследствии во главе ВНИИНМ стояли такие выдающиеся ученые и организаторы исследований, как А.А. Бочвар, А.С. Никифоров и М.И. Солонин.

3. РЕОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

3.1. Государственный Комитет СМ СССР по использованию атомной энергии

В составе Министерства среднего машиностроения с 22 марта 1956 года по 25 августа 1960 года функционировало Главное управление по использованию атомной энергии. Затем задачи, выполняемые этим главным управлением, были переданы Государственному комитету Совета Министров СССР по использованию атомной энергии (ГКИАЭ), в организации которого активное участие принимал министр Е.П. Славский. В постановлении правительства № 404 от 22 марта 1956 года отмечалось:

«В целях широкого применения атомной энергии во всех отраслях народного хозяйства (строительство АЭС, создание силовых ядерных установок для транспортных целей, использование ионизирующих излучений, применение меченых атомов для развития науки и техники), а также для обеспечения сотрудничества СССР с другими странами по использованию атомной энергии в мирных целях Совет Министров СССР постановляет: Организовать Главное управление по использованию атомной энергии».

Решением СМ СССР от 15 марта 1956 года была принята первая программа развития ядерной энергетики в СССР.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 13 августа 1959 года было признано:

«Считать главной задачей в области развития ядерной энергетики на 1959–1965 годы проведение научно-исследовательских, проектных и конструкторских работ по разработке энергетических реакторов, а также проверку на опытно-промышленных и лабораторных установках различных типов реакторов и схем АЭС для отбора из них наиболее экономичных и высоконадежных в эксплуатации».

Другая группа проблем, которая в конце 60-х годов интенсивно исследовалась, связана с развитием радиационной техники и технологии, а также с применением радионуклидов и ионизирующих излучений в научных исследованиях, медицине и народном хозяйстве. В 1958 году (постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 22 августа) перед Минсредмашем и его ГКИАЭ была поставлена задача значительно расширить производство радиоактивных и стабильных изотопов и соединений из них, а также изготовление источников ядерных излучений. Для этого на комбинате № 817 в Челябинске-40 был построен завод радиоактивных изотопов, первая очередь которого была введена в эксплуатацию в 1960 году.

Для производства изотопов в Обнинске в лаборатории «В» было запланировано строительство циклотрона с энергией протонов 22–24 МэВ.

Совмещение в одной отрасли сверхсекретных и совершенно открытых работ представлялось нерациональным. Возникла необходимость в реорганизации отрасли. Было признано целесообразным административно вывести из подчинения Минсредмаша работы по энергетическим установкам, фундаментальной науке – ядерной физике и радиационному материаловедению и проблемам, связанным с использованием радиоактивных изотопов в народном хозяйстве.

3.2. Создание НТС № 2

НТС № 2 начал работать в Министерстве среднего машиностроения с 28 апреля 1959 года. Его появлению предшествовали другие формы коллегиального обсуждения проблем, возникавших при создании ядерных зарядов и боевых частей к ним. Интенсификация работы привела к тому, что руководство МСМ и научные руководители обоих ядерных центров признали необходимым создать консультативно-рекомендательный орган в Министерстве, главной задачей которого было бы обсуждение планов работ, их результатов и выработка рекомендаций о целенаправленной научно-технической деятельности предприятий ядерного оружейного комплекса.

1959 год был годом добровольного моратория СССР и США на ядерные испытания. Однако развитие мировых событий не предвещало перехода этого моратория в вечный запрет ядерного

оружия и его испытаний. Поэтому уже первые заседания нового Научно-технического совета были посвящены планам развития разработок ядерных зарядов, задачам, вытекающим из потребности страны в новых видах ядерного оружия.

Деятельность ядерных центров до 1959 года позволила начать конструирование новых мощных авиабомб и боевых частей баллистических ракет стратегического назначения. Проведенные в 1955–1958 годах ядерные испытания не решили всех вопросов, возникших при реализации идей того времени, появлялись и новые идеи, направленные на решение проблем экономичного использования ядерных материалов, повышения эффективности их использования, уменьшения габаритов и массы зарядов, увеличения сроков их эксплуатации, повышения их стойкости как к факторам противодействия противника, так и к аварийным воздействиям. Все это было содержанием работы ядерных центров и требовало обсуждений, коллективного рассмотрения и отбора, критики и одобрения. Важнейшую роль в выполнении этих функций и играл НТС-2.

3.3. Преобразование МСМ в Государственный производственный комитет по среднему машиностроению

К концу 60-х годов в СССР эксплуатировались четыре АЭС с водо-водяными и уран-графитовыми реакторами мощностью от 5 МВт (Обнинская, с 1954 года) до 100 МВт (Сибирская, с 1958 года). По два ядерных реактора работали на Нововоронежской и Белоярской АЭС.

Шесть уникальных экспериментальных реакторов были построены в Челябинске-40, Мелекесе, Москве и Киеве. Работы на них в основном проводились по планам, разрабатываемым в ГКИАЭ.

Решением ЦК КПСС и Совета Министров в июле 1962 года в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова был создан филиал – Государственная испытательная станция, расположенная под Ленинградом (г. Сосновый Бор).

13 марта 1963 года Министерство среднего машиностроения СССР было переименовано в Государственный производственный комитет по среднему машиностроению СССР (ГПК по среднему машиностроению СССР), в котором было одиннадцать главных управлений.

Таблица 6.1. Численность работающих (в планах 1964 и 1965 годов) в ГПК по среднему машиностроению и в ГКИАЭ, объемы капитальных вложений и продукции

Показатель	1964 год	1965 год
ГПК по среднему машиностроению, тысяч человек	607,65	621,3*
В том числе:		
основная деятельность	400,76	420,78
строительство	194,12	187,86
ГКИАЭ, тысяч человек	47,32	52,6
Третье главное управление при Минздраве СССР, тысяч человек	40,76	43,92
Объем капитальных вложений, млн. руб.:		
по ГПК	694,8	677,9
по ГКИАЭ	104,2	121,0
Объем товарной продукции промышленных предприятий, млн. руб.		
В том числе:		
ГПК по среднему машиностроению		3789,3
ГКИАЭ		3750,0
		39,3

Примечание. В конце 1964 года в ГПК по среднему машиностроению численность была установлена 619000 человек, а в ГКИАЭ – 57850 человек.

Распоряжением Совета Министров СССР от 5 апреля 1963 года организация работ в стране по контролю за загрязнением окружающей среды была поручена Главному управлению гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР и выполнялась силами Института прикладной геофизики (организации, не зависящей от Минсредмаша и ГКИАЭ).

В начале 1966 года были введены в действие утвержденные КГБ при Совете Министров СССР новые названия. Главным управлениям и управлениям были присвоены номера.

Руководство отрасли уже в начале 60 годов начало осуществлять конверсию. С 1963 года начали проводиться интенсивные работы по увеличению выпуска народно-хозяйственной продукции.

Становилось очевидным, что в Минсредмаше (в ГПК по среднему машиностроению) нужно создавать свои приборостроительные и другие специализированные заводы и предприятия по сборке и оснащению системами контроля ядерных боеприпасов.

3.4. Министерство среднего машиностроения после 1965 года

Государственный производственный комитет по среднему машиностроению СССР существовал недолго. Вскоре после отставки Н.С. Хрущева, 2 марта 1965 года отрасли было возвращено название Министерства среднего машиностроения СССР. В октябре 1965 года ГКИАЭ был ликвидирован, и все его предприятия, НИИ и КБ были переданы в состав Минсредмаша.

Возросшее в несколько раз число институтов и КБ потребовало от руководства Минсредмаша упорядочить координацию научно-исследовательскими и конструкторскими работами. Этого потребовало и постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 26 октября 1965 года.

14 февраля 1967 года Совет Министров СССР своим решением «О реорганизации Главного управления по использованию атомной энергии Министерства среднего машиностроения СССР» постановил:

«Принять предложение Министерства среднего машиностроения СССР о реорганизации Главного управления по использованию атомной энергии и входящих в его состав девяти управлений и девяти самостоятельных отделов, создав на базе этого управления в составе министерства:

- Главное управление атомных энергетических установок (Главатомэнерго);
- Главное управление атомного приборостроения, изотопов и радиационной техники (Главатомприбор);
- Управление ускорителей и термоядерных исследований;
- Управление по международным связям и научно-технической информации.

Установить, что Министерство среднего машиностроения при отношениях с иностранными государствами по вопросам, связанным с использованием атомной энергии, выступает как Государственный комитет по использованию атомной энергии СССР».

В подчинение Минсредмаша вместе с работниками Центрального аппарата ГКИАЭ были переданы не только НИИ и КБ ГКИАЭ, но и ГСПИ-12, Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, испытательные стенды, организации, бывшие до марта 1965 года в Академии наук СССР: Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, ИТЭФ, а также Сухумский физико-технический институт.

В Минсредмаше была сосредоточена вся атомная промышленность, включая АЭС и предприятия топливного цикла.

Опыт работы реактора первой в мире АЭС в Обнинске, работа промышленных реакторов для наработки плутония и трития, а также отработка режимов эксплуатации реакторов для подводных лодок первого поколения позволяли находить оптимальные пути в конструировании ядерных реакторов как в военных, так и в мирных целях.

В 60-е годы были выбраны типы реакторных установок АЭС большой мощности, подводных лодок второго и третьего поколений, космических аппаратов.

Руководство отрасли о своей деятельности ежегодно отчитывалось перед Военно-промышленной комиссией при ЦК КПСС и СМ СССР, где рассматривались не только вопросы, имеющие чисто оборонное значение.

В 1967 году было выпущено значительное количество продукции народнохозяйственного назначения (85000 тонн каустической соды; 480500 тонн минеральных удобрений; 6500 тонн гербицидов; 64000 тонн алюмоаммиачных квасцов).

18 июня 1968 года Совет Министров постановлением № 457-176 утвердил Новое положение об общесоюзном Министерстве среднего машиностроения СССР.

Учитывая, что целый ряд стоявших тогда перед отраслью задач актуальны и в настоящее время для Минатома России, приведем выдержки из некоторых пунктов этого постановления:

«Министерство среднего машиностроения несет ответственность за состояние и дальнейшее развитие атомной науки и промышленности, научно-технический прогресс и технический уровень производства, качество выпускаемой продукции и за полное удовлетворение потребности обороны

страны и народного хозяйства во всех видах продукции атомной промышленности. Минсредмаш наряду с предусмотренными общим положением для всех министерств задачами:

- а) изучает потребности обороны страны и народного хозяйства в продукции атомной промышленности и осуществляет планирование развития атомной науки и промышленности в соответствии с задачами развития всего народного хозяйства;
- б) осуществляет разработки научно-технических проблем: от научного поиска до внедрения результатов в производство, в том числе:
 - разрабатывает технологию, проектирует, строит и эксплуатирует предприятия по добыче и переработке урановых, литиевых, бериллиевых и ториевых руд, проводит геолого-разведочные работы по урану, литию, бериллию и торию на действующих горнодобывающих предприятиях министерства, разрабатывает комплексную технологию переработки руд;
 - проводит научные исследования, изыскательские и проектные работы по использованию ядерных взрывов в мирных целях, разрабатывает специальные ядерные заряды, изготавливает их и осуществляет ядерные взрывы для выполнения работ в народном хозяйстве;
 - осуществляет в соответствии с политикой правительства страны мероприятия по международному сотрудничеству в области использования атомной энергии в мирных целях...»

3.5. Расцвет атомной отрасли в 1975–1986 годах

Этот период для всех работников атомной промышленности характеризовался особым доверием научной общественности и руководства страны к создателям атомной техники, к развитию ядерной физики и ядерной энергетики в СССР. В 1975 году директор Института атомной энергии им. И.В. Курчатова академик А.П. Александров был избран президентом АН СССР.

Многостороннее сотрудничество стран – членов СЭВ в области использования атомной энергии в мирных целях координировалось Постоянной комиссией СЭВ. В нее входили, кроме СССР, шесть стран Восточной Европы, а также представители Кубы и Вьетнама.

К концу 1978 года в НРБ, ЧССР, ГДР и СССР мощность АЭС составляла 11780 МВт, а в 1983 году, то есть через пять лет, она возросла почти в два раза.

Еще до аварии на Чернобыльской АЭС в стране начался структурный кризис, и темпы прироста вводимых мощностей ядерной энергетики резко замедлились. В течение трех пятилеток (с 1971 по 1986 год) планы по вводу новых мощностей ядерной энергетики срывались. Главной причиной было отсутствие достаточной производственной базы по изготовлению крупномасштабного оборудования.

Таблица 6.2. Выполнение планов ввода АЭС по пятилеткам

Годы	План, ГВт	Фактически, ГВт (%)
1971–1975	7,22	4,4 (61)
1975–1980	13,7	6,8 (49)
1981–1986	21,3	14,5 (68)

Тем не менее, в 1985 году был максимальный прирост показателей по всем направлениям развития атомной науки и техники.

4. АТОМНАЯ ОТРАСЛЬ В КОНЦЕ 80-Х – НАЧАЛЕ 90-Х ГОДОВ

4.1. Образование Минатома России

В конце 80-х годов произошли серьезные структурные изменения в Минсредмаше, в Минэнерго, в Минздраве и других организациях. Министром Среднего машиностроения 29 ноября 1986 года был назначен Л.Д. Рябев, работавший до этого заместителем министра МСМ и блестяще себя

проявивший при ликвидации последствий чернобыльской аварии. Для улучшения руководства строительством и эксплуатацией АЭС из Министерства энергетики в июле 1986 года было выделено Министерство атомной энергетики. Однако, трехлетний опыт работы показал, что нецелесообразно иметь разработчиков реакторов и изготовителей их активных зон в одном ведомстве, а АЭС – в другом ведомстве.

27 июня 1989 года на базе Минсредмаша и Министерства атомной энергетики было создано Министерство атомной энергетики и промышленности (МАЭП), которое просуществовало до 29 января 1992 года.

После распада Советского Союза и образования Содружества независимых государств (СНГ) в России 29 января 1992 года было образовано Министерство по атомной энергии (Минатом). 2 марта 1992 года Указом Президента РФ Министром Российской Федерации по атомной энергии был назначен В.Н. Михайлов.

На момент образования Минатома РФ в его состав входило около 150 промышленных предприятий и исследовательских институтов с общей численностью рабочих и служащих около одного миллиона человек. В сферу деятельности Минатома входят оборонные ядерные программы, развитие мирной атомной энергетики, фундаментальные и прикладные исследования. Ядерные программы опираются на широкую строительную, машиностроительную и приборостроительную базу. Министерство имеет свою систему высшего и специального образования, внешнеторговые и финансовые структуры, социально-бытовую базу.

В это время центральный аппарат Минатома представлял собой ряд главных управлений, концернов и комитетов. Предприятия оружейного комплекса были подчинены трем главным управлениям. Производство и переработка оружейных ядерных материалов осуществляется предприятиями 4-го ГУ (реакторные, радиохимические и изотопные производства). Созданием и научным сопровождением ядерных боеприпасов занимаются институты 5-го ГУ. Предприятия 6-го ГУ осуществляют серийное производство боеприпасов и их разборку. Значительную роль в оборонных программах играют также АО «ТВЭЛ» (бывшее 3-е ГУ, отвечавшее за производство топлива ядерных реакторов различного назначения), 16-е ГУ (развитие ядерных реакторов), Главное научно-техническое управление (научные центры – ВНИИ неорганических материалов, Физико-энергетический институт и др.) и другие структуры. Научно-техническая политика отрасли вырабатывается Научно-техническим советом и коллегией министерства.

В момент пика своего развития в начале 80-х годов, ядерно-технический оружейный комплекс обладал высоко развитой и многократно дублированной научно-производственной инфраструктурой, основные элементы которой размещались в 10 закрытых городах (закрытые административно-территориальные образования, ЗАТО).

ВНИИЭФ и ВНИИТФ являлись главными научно-конструкторскими центрами по разработке оружия и его научно-технической поддержке в процессе эксплуатации. Разработка ряда боеприпасов осуществлялась также ВНИИ автоматики в Москве.

Делящиеся оружейные материалы производились пятью комбинатами. Заводы Челябинска-65, Красноярска-26 и Томска-7 нарабатывали оружейный плутоний. В Томске-7, Красноярске-45 и Свердловске-44 находились обогатительные заводы по производству оружейного урана. Четвертый обогатительный завод, расположенный в Ангарске, производил низкообогащенный уран.

Другие ядерные оружейные материалы: литий-6 и тритий производились, соответственно в Новосибирске и Челябинске-65. В Челябинске-65 и Томске-7 действовали производства металлургии делящихся материалов и изготавливались детали ядерных зарядов.

Производство узлов и компонентов ядерных зарядов и боеприпасов осуществлялось в Арзамасе-16, Свердловске-45, Златоусте-36 и Пензе-19. Арзамас-16 и Свердловск-45 были вовлечены в производство по сборке узлов с делящимися материалами.

С заводов по сборке боеприпасы передавались 12 ГУ МО, которое в свою очередь передавало их в соответствующие подразделения видов войск. Стоящие на вооружении боеприпасы периодически возвращались на сборочные заводы Арзамаса-16 и Свердловска-45 для регламентных работ. По окончании гарантийного срока службы ядерные боеприпасы возвращались в Арзамас-16 и Свердловск-45 для разборки и утилизации.

Распад СССР в октябре 1991 года привел к потере ядерного полигона в Семипалатинске. Все остальные основные компоненты инфраструктуры ядерного оружейного комплекса при распаде СССР были унаследованы Россией.

С распадом СССР началась и продолжается по настоящее время структурная перестройка механизма государственного управления ядерным комплексом России. На уровне исполнительной власти высшее руководство ядерным комплексом осуществляется Президентом Российской Федерации. На уровне правительства для решения проблем ядерно-технического комплекса была создана возглавляемая Председателем правительства Государственная комиссия по ядерному оружию. Оперативное руководство ядерным комплексом осуществляется Минатомом в координации с Министерством обороны и рядом других ведомств.

В 1991 году был создан федеральный орган контроля – Государственный комитет Российской Федерации по надзору за радиационной безопасностью (Госатомнадзор). С конца 1995 года Госатомнадзор осуществляет контрольную деятельность на гражданских объектах Минатома и других ведомств. На оружейных производствах Минатома и военных объектах надзор осуществляется Министерством обороны.

4.2. Конверсия и реформирование атомной отрасли

Практически с самого начала образования Минсредмаша непрерывно возрастала доля гражданской продукции, выпускаемой в интересах народного хозяйства. Это не только золото, удобрения, радиоактивные изотопы, но и продукция химической и приборостроительной отраслей. Однако, необходимость решительной структурной перестройки в атомной промышленности возникла после 1988 года. Перестройка была обусловлена: спадом темпов развития ядерной энергетики после чернобыльской аварии, резким сокращением государственных заказов на военную продукцию, особенно после распада СССР.

Программа конверсии, принятая во второй половине 80-х годов, и политико-экономические перемены в стране привели к значительным изменениям в оружейном комплексе. В результате сокращения оборонных заказов, оружейная деятельность предприятий комплекса была сокращена или переориентирована на разборку боеприпасов.

В атомной отрасли возникли сложные социально-экономические проблемы. Как отмечал В.Н. Михайлов: «Финансирование и материально-техническое обеспечение работ оружейных институтов настолько ухудшилось, что поставило под сомнение возможность работ по ядерному оружию в стране».

Необходимость структурной перестройки атомной отрасли в значительной мере определялась сокращением ядерных вооружений.

До 1989 года основная продукция атомной отрасли была распределена следующим образом:

- | | |
|-------------------------|--------|
| • оборонная продукция | 40,6%; |
| • электроэнергетика | 22,5%; |
| • продукция для АЭС | 29,9%; |
| • прочие виды продукции | 7,0%. |

После передачи АЭС во вновь образованное МАЭП, в нем практически в два раза возросла роль электроэнергетики и резко сократился выпуск оборонной продукции. В 1996 году ее доля составила только 8,5%. Однако, объем конверсионной продукции составлял всего 7,3%. Сдерживающим фактором выпуска гражданской продукции являлось отсутствие инвестиционных средств и кредитов.

В Министерстве появилась необходимость создания концернов и других структур, которые позволили бы координировать работу по выпуску продукции по военным и гражданским программам.

Хотя ряд предприятий, строек, институтов оказались после распада Советского Союза за пределами России, основной потенциал атомной промышленности остался в Российской Федерации: около 80% промышленного и 90% научно-технического потенциала, 30% предприятий по добыче урана, 9 из 15 АЭС. В России остался и весь ВМФ, оснащенный атомными реакторами, базы АПЛ, атомный ледокольный флот.

В 1996 году структура Минатома России состояла из 12 Департаментов, 8 управлений и 3 Отделов с общей численностью 732 человека. Были организованы Концерны и Акционерные общества.

4.3. Структура Минатома в новых экономических условиях

В настоящее время многие предприятия атомной промышленности, большинство строительных объектов, монтажных трестов и другие объекты вышли из подчинения бывших главных управлений и не входят в состав вновь созданных департаментов. Они теперь стали учредителями концернов, которые, взаимодействуя с Центральным аппаратом министерства, призваны обеспечивать необходимую координацию своей работы, с тем, чтобы успешно выполнять задания по государственному заказу и конверсионным программам.

Образовались и другие акционерные компании, функции которых раньше выполняли соответствующие главные управления и управления. Эти новые компании решают проблемы снабжения, внешнеэкономических связей, торговли.

Одним из наиболее крупных подразделений Минатома является Корпорация «ТВЭЛ».

Это крупнейший концерн, который обеспечил, например, в 1988 году Минатому 30% стоимости выпускаемой продукции. Основная продукция предприятий корпорации: ядерное топливо, ядерные и неядерные компоненты комплексной переработки сырья, включая циркониевую продукцию, производство бериллия, литиевую продукцию, молибденовые соединения, тантал-ниобиевые концентраты.

В настоящее время корпорация имеет в своем составе следующие предприятия:

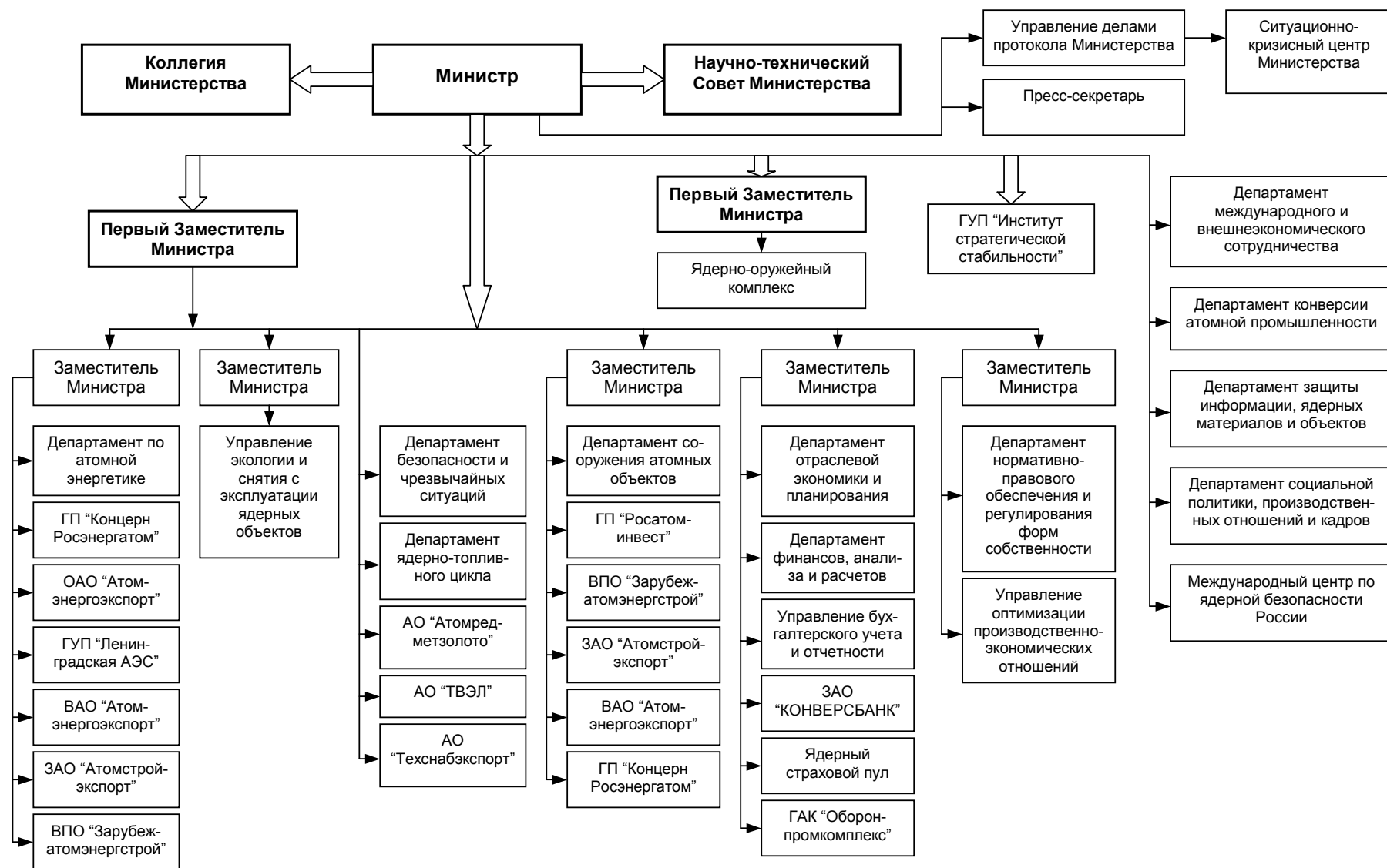
- ОАО «Машиностроительный завод» (завод № 12);
- ОАО «Новосибирский завод химконцентратов»;
- ОАО «Чепецкий механический завод»;
- ОАО «Химико-металлургический завод (Красноярск);
- ОАО «Забайкальский горно-обогатительный комбинат»;
- ОАО «Малышевское рудоуправление»;
- ОАО «Приаргунское горно-химическое объединение»;
- ЗАО «ТВЭЛ Инвест».

Концерн «Росэнергоатом» производит электрическую энергию на атомных станциях России, обеспечивает строительство новых и модернизацию действующих АЭС, отвечает за безопасность работы АЭС. В состав концерна также входят: головной институт по эксплуатации АЭС (ВНИИАЭС), Аварийно-технический центр, Контрольно-приемочная инспекция и другие предприятия.

В отрасли большое внимание уделяется проблеме обращения с радиоактивными отходами. За координацию работ в области безопасности, связанных с переработкой радиоактивных отходов на предприятиях концернов, департаментов отрасли и в других отраслях промышленности, отвечает Департамент безопасности, экологии и чрезвычайных ситуаций.

Важным подразделением Минатома является ОАО «Техснабэкспорт», которое осуществляет экспорт товаров и услуг, производимых предприятиями Минатома, в том числе полного спектра продукции и услуг ядерного топливного цикла. «Техснабэкспорт» вошел в состав МСМ в 1988 году. В 1994 году он заключил исполнительный контракт на поставку в США низкообогащенного урана, полученного из высокообогащенного урана, извлеченного из демонтированных ЯБП (контракт ВОУ-НОУ).

Важные работы по сооружению ядерных энергетических и научных объектов за рубежом проводит подразделение Минатома ЗАО «Атомстройэкспорт». К ним относятся работы по выбору места строительства, проектирование объектов, изготовление и поставка оборудования, строительные, монтажные работы и сдача в эксплуатацию, эксплуатация АЭС и подготовка национальных кадров в России и стране заказчика.



4.4. Структура ядерно-оружейного комплекса Минатома России

Россия борется как за сохранение своего комплекса ядерного оружия, так и за сокращение его масштабов до размеров, соответствующих требованиям ее безопасности в период после холодной войны. Производство плутония и высокообогащенного урана для оружия прекратилось. Минатом принял решение о закрытии двух из четырех заводов по производству боеприпасов, останавливает промышленные ядерные реакторы в Железногорске и Северске, сокращает деятельность других ядерных оружейных производств, а также штаты их сотрудников.

Одним из ключевых элементов Минатома по созданию ядерного оружия является Департамент по проектированию и испытанию ядерных боеприпасов Минатома (бывшее 5 ГУ МСМ).

4.4.1. Департамент разработки и испытаний ядерных боеприпасов

Первым начальником Главного управления разработки и испытаний специзделий в 1955 году был назначен Н.И. Павлов, который возглавлял это главное управление и после его переименования в 1963 году в Пятое главное управление вплоть до сентября 1964 года.

К 1955 году многие опытные конструкции уже были переданы в серийное производство: пять типов изделий РДС предназначались для оснащения самолетов Ил-28, Ту-4, Ту-16, М-4 и Як-25Б. В эту пору были заложены основы сотрудничества и тесного взаимодействия предприятий Главного управления разработок с предприятиями Главного управления производства специзделий, которые позже стали называться Пятым и Шестым главными управлениями. В 1954–1955 годах были образованы КБ-25 (ныне ВНИИА им. Н.Л. Духова) и НИИ-1011 (ныне ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина), начато строительство ряда комбинатов и заводов.

За период с 1955 по 1964 год предприятиями главного управления были достигнуты впечатляющие успехи в разработке новых изделий. Во-первых, состоялся переход от чисто авиационных (бомбовых) разработок к оснащению ракет средней и большой дальности. Во-вторых, были начаты разработки для ядерных сил Военно-морского флота и артиллерии. И, в-третьих, были разработаны первые проекты мирных применений ядерно-взрывных технологий. За это десятилетие (до января 1965 года) в СССР было проведено 212 испытательных ядерных взрывов.

В 1962 году в Москве был образован НИИ-50 (ныне НИИИТ), а в 1963 году в Мытищах – ОКБ-20 (ныне КБ АТО).

С февраля 1965 года по октябрь 1996 года, то есть почти 32 года, департаментом бессменно руководил Г.А. Цырков.

Следующее десятилетие с 1965 по 1974 год характеризовалось интенсивным оснащением всех видов ВС СССР новыми ядерными боеприпасами и широким использованием ядерно-взрывных технологий в народнохозяйственных целях.

Начиная с первого промышленного ядерного взрыва «Чаган» (январь 1965 года) и до конца 1974 года, было проведено 45 мирных взрывов для гашения фонтанов, интенсификации нефтедобычи, создания подземных хранилищ и сейсмозондирования земной коры. За этот же период было проведено 141 испытание ядерного оружия.

В связи с расширяющимся кругом задач проходили и реорганизационные изменения в главном управлении, связанные с созданием новых отделов и кураторов отдельных вопросов. В 1966 году в г. Горьком был организован филиал КБ-11 – конструкторско-технологическое бюро измерительных приборов (ныне НИИИС им. Седакова). Этим завершилась организация шести основных предприятий подотрасли.

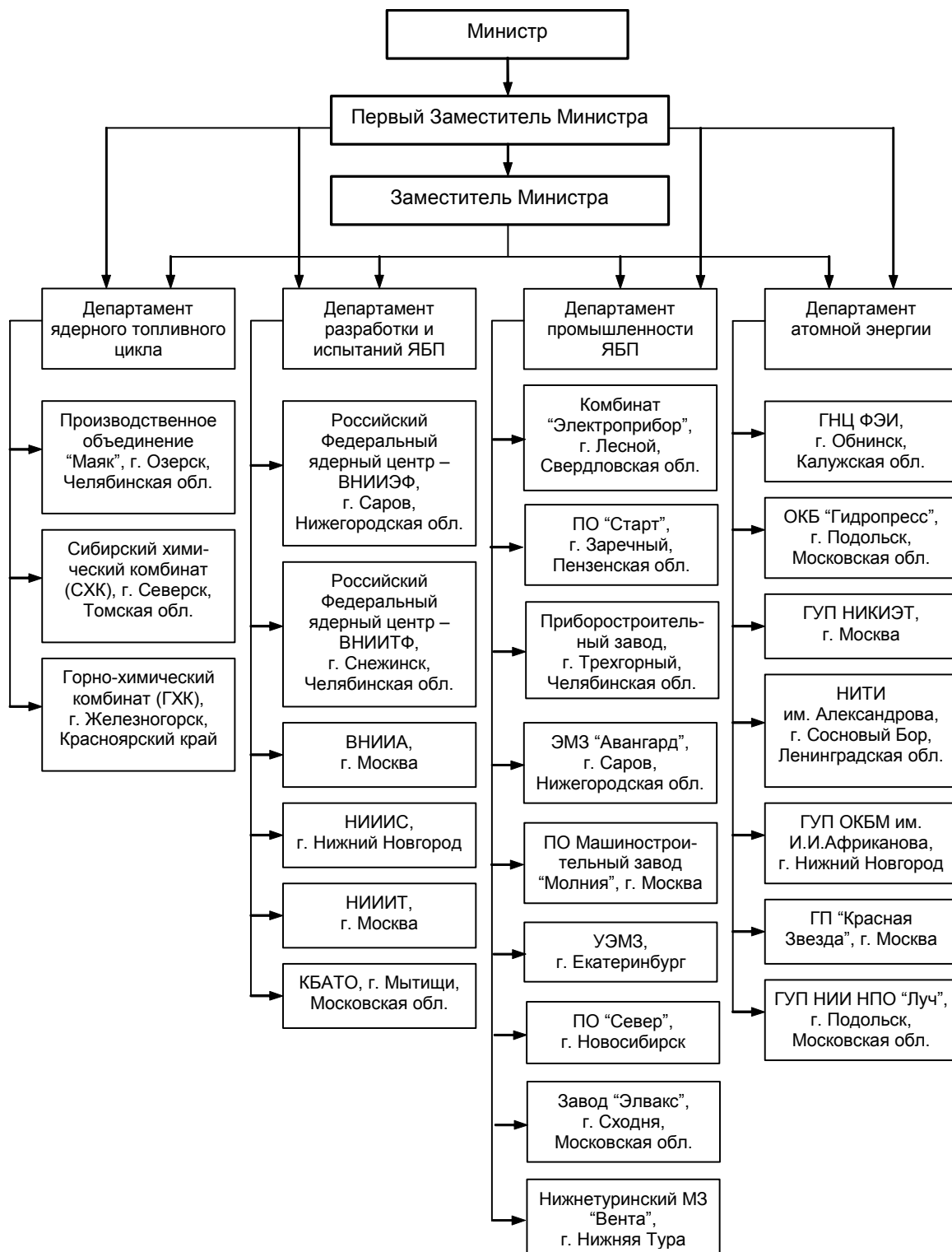
Следующий период с 1975 по 1990 год характеризуется разработкой новых поколений ядерных зарядов и ядерных боеприпасов с улучшенными массогабаритными и эксплуатационными характеристиками. Разработки велись, в основном, как ответ на вызовы, которые исходили от наших ядерных соперников. В это время были существенно усовершенствованы технологии натурных испытаний: проводились взрывы и в штольнях, и в скважинах, как одиночные, так и групповые, продолжались мирные ядерные взрывы, их программа была завершена в сентябре 1988 года.

Ядерные державы не только подписали договор об ограничении мощности подземных испытаний, но и добились успеха в обеспечении контроля за порогом их мощности. В 1988 году был успешно проведен совместный эксперимент по контролю на Невадском и Семипалатинском полигонах. Мир шел к прекращению ядерных испытаний. СССР первым из ядерных держав в октябре 1990 года закончил свои испытательные взрывы. За эти 15 лет их было проведено 299, включая 79 ядерных взрывов в мирных целях.

В последнее десятилетие работа происходит в условиях моратория (1990–1996 годы), а с 1996 года – в условиях запрета на любые ядерные взрывы. Этот период характерен резким (в несколько

раз) снижением объема государственного оборонного заказа. Проведены реорганизационные изменения во всей отрасли. В рамках основной деятельности Минатом проводит неядерновзрывные эксперименты на Центральном полигоне Российской Федерации в подтверждение надежности и безопасности ядерного арсенала России.

В настоящее время руководителем Департамента разработки и испытаний ядерных боеприпасов Минатома России является Н.П. Волошин.



Структура ядерно-оружейного комплекса Минатома России в 2001 году

4.4.2. Федеральный ядерный центр – ВНИИ экспериментальной физики (г. Саров)

За годы существования КБ-11 (ВНИИЭФ) превратилось в крупный научный центр – Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ), в котором сконцентрированы современные научные, конструкторские и экспериментальные подразделения. Создана уникальная экспериментальная база с внутренними испытательными полигонами, крупномасштабными физическими установками, сотнями установок для проведения различных испытаний.

С РФЯЦ-ВНИИЭФ неразрывно связана деятельность академика Ю.Б. Харитона, который был его научным руководителем вплоть до 1992 года.

Как руководитель, ответственный за процесс развития ядерного и термоядерного оружия (в первую очередь, ядерных зарядов и боеприпасов), Ю.Б. Харитон должен был принимать взвешенные решения, которые часто имели компромиссный характер. Вместе с тем, он исключительно ценил действительно новые предложения и, как мог, содействовал их продвижению. Он придавал особенно большое значение разработке стадийного оружия, вопросам изучения поражающих факторов ядерного взрыва и способам противодействия этим факторам, вопросам обеспечения безопасности ядерного оружия.

В течение ряда десятилетий Ю.Б. Харитон возглавлял научно-технический совет ВНИИЭФ и научно-технический совет МСМ по ядерному оружию. Он уделял большое внимание работе этих органов так, что все обсуждения вопросов проходили, по существу, в условиях состязательности мнений и приводили к выявлению как недостатков, так и достоинств каждой рассматриваемой работы. Все ядерные заряды, выходявшие на ядерные испытания, проходили через подобные обсуждения под руководством Ю.Б. Харитона. Количество таких обсуждений, в которых принимали участие ведущие ядерные оружейные специалисты, насчитывает многие сотни.

Несмотря на колоссальный объем этой работы, она далеко не исчерпывала деятельность Ю.Б. Харитона. Ю.Б. Харитон придавал исключительно большое значение развитию как экспериментальной базы, так и расчетно-теоретических возможностей разработки ядерного оружия. Первое направление этих работ связано с созданием различных физических установок, второе направление – с внедрением ЭВМ, созданием нового программного обеспечения и, вообще, с энергичным содействием разработке ЭВМ и развитием прикладной математики в СССР.

Ю.Б. Харитон уделял много внимания созданию во ВНИИЭФ уникальных комплексов на основе ускорителей и импульсных реакторов, на которых моделировались различные условия воздействия поражающих факторов ядерного взрыва. Он содействовал развитию во ВНИИЭФ работ по разработке лазеров и проведению лазерных физических исследований, выдвинувших ядерный центр в число передовых институтов нашей страны в этой области. Широко известны работы в области физики высоких энергий и импульсного термоядерного синтеза, связанные с созданием во ВНИИЭФ взрывомагнитных генераторов различного типа, методов магнитного обжатия термоядерных мишеней. Все эти работы неотделимы от имени Ю.Б. Харитона, который много работал над созданием, а затем развитием этих направлений работ во ВНИИЭФ.

В настоящее время РФЯЦ-ВНИИЭФ – это многопрофильный научный центр, включающий:

- Институт теоретической и математической физики (ИТМФ), который осуществляет теоретические разработки в области ядерных зарядов, численное моделирование процессов, протекающих в зарядах при взрыве;
- Институт физики взрыва (ИФВ), который проводит исследования в области физики взрыва, опытные работы с взрывчатыми веществами и узлами, содержащими ВВ;
- Институт ядерной и радиационной физики (ИЯРФ), который осуществляет экспериментальные работы на ядерных реакторах, мощных электрофизических установках, исследования по ядерным константам;
- Институт лазерно-физических исследований (ИЛФИ), который проводит лазерные и электрофизические исследования на установках и стендах с уникальными характеристиками;
- КБ-1 и КБ-2, которые проводят конструкторские, инженерные и технологические работы с ядерными зарядами, боеприпасами и системами автоматики;
- подразделения, которые занимаются конверсионной тематикой.

Экспериментальные образцы разработанных в КБ ядерных зарядов и боеприпасов изготавливаются на опытном заводе РФЯЦ-ВНИИЭФ, здесь проходит отработка для их передачи на серийное

изготовление. Опытный завод ВНИИЭФ – уникальное предприятие, где осуществляется практически полный цикл изготовления зарядов и боеприпасов.

В состав института входит объединенный научно-исследовательский комплекс, на экспериментальных установках и стендах которого осуществляются невзрывные испытания конструкций ядерных зарядов, боеприпасов и их элементов и узлов.

В 1992 году ВНИИЭФ получил статус Российского Федерального ядерного центра.

С начала 90-х годов во ВНИИЭФ осуществляется диверсификация научно-производственной деятельности: разработка и производство новых боеприпасов и элементов систем обычных вооружений, работы в интересах топливно-энергетического комплекса России, создание ювелирного производства.

Участие ВНИИЭФ в разработках образцов неядерного вооружения позволило существенно (в 1,3–1,5 раза) повысить их боевые характеристики, а также придать разрабатываемым боеприпасам новые качества.

С 1992 года Институт активно развивает международные научно-технические связи. Сотрудничество осуществляется по широкому кругу вопросов: расчетно-теоретическое моделирование и информационные технологии; совместная деятельность по обеспечению режима нераспространения ядерного оружия и контроля за вооружениями; физика высоких плотностей энергии; защита окружающей среды; материаловедение и перспективные двойные технологии.

Особую роль как в области ядерно-оружейных работ, так и при проведении фундаментальных и конверсионных исследований играют расчетно-вычислительная база и программное обеспечение РФЯЦ-ВНИИЭФ. Руководство института постоянно работает над развитием вычислительного комплекса РФЯЦ-ВНИИЭФ – разработкой и использованием мощных ЭВМ, и широким внедрением в научно-производственную деятельность персональных компьютеров. За последние шесть лет возможности вычислительной мощности РФЯЦ-ВНИИЭФ возросли в 2000 раз. В результате этих работ впервые за 30 лет удалось преодолеть имевшее место качественное отставание России от США в области вычислительной техники.

В рамках совершенствования возможностей вычислительного центра было разработано значительное количество численных методов решения многомерных задач газодинамики, переноса частиц и энергии, уникальные банки данных и библиотеки параметров веществ. Это позволило, в частности, решить задачи математического моделирования многомерных задач физики ядерного взрыва в замкнутой постановке с учетом всех ведущих физических процессов, а также развить математическое моделирование процессов, протекающих на уникальных физических установках РФЯЦ-ВНИИЭФ.

В Институте физики взрыва проводятся масштабные исследования взрывных процессов, связанные с работой ядерного оружия и неядерных вооружений, использованием взрывных технологий для решения конверсионных задач, развиваются новые методы и технологии создания и работы различных взрывчатых составов. Важное значение имеет разработка не имеющего аналога в России рентгенографического комплекса с просвечиванием в нескольких направлениях на основе импульсных циклических и линейных ускорителей электронов. Существенное значение имеют исследования аварийных ситуаций с ЯЗ и ЯБП, включая вопросы радиологической безопасности при диспергировании специальных материалов и распространении аэрозолей.

В последние годы под научным руководством Р.И. Ильяева проведен масштабный цикл работ по фундаментальным исследованиям особенностей физики работы ряда лазеров и свойств высокотемпературной плазмы. Впервые в России была продемонстрирована работа лабораторной установки с рентгеновским лазером с длиной волны 196 Å. Создана новая лазерная установка «ЛУЧ» на неодимовом стекле с энергией 10 кДж при длине волны 0,35 мкм. Разработаны химические HF(DF) импульсно-периодические лазеры со средней мощностью излучения (1–10) кВт и рекордной частотой повторения импульсов до 1000 Гц. Для фотодиссоционных лазеров с накачкой излучением фронта ударной волны достигнута рекордная яркость излучения 10^{14} Дж/стерадиан, что существенно расширяет возможности доставки лазерного излучения на большие расстояния. Проведены уникальные исследования по изучению распространения рентгеновского излучения в протяженных замкнутых полостях. Для различных типов материалов получены значения коэффициентов отражения рентгеновского излучения.

Директором РФЯЦ-ВНИИЭФ является академик РАН Р.И. Ильяев, научным руководителем – академик РАН В.Н. Михайлов.



Организационная структура РФЯЦ-ВНИИЭФ

4.4.3. Федеральный ядерный центр – ВНИИ технической физики им. Е.И. Забабахина (г. Снежинск)

Российский федеральный ядерный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики» (РФЯЦ-ВНИИТФ) был основан, в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 31 июля 1954 года. Фактическим началом деятельности института считается 5 апреля 1955 года, когда министром среднего машиностроения А.П. Завенягиным был подписан приказ о создании Научно-исследовательского института № 1011 (НИИ-1011). Первым научным руководителем НИИ-1011 был один из руководителей ядерной программы СССР, сподвижник И.В. Курчатова и Ю.Б. Харитона К.И. Щёлкин. Выдающуюся роль в развитии ядерных оружейных работ СССР сыграли научные руководители ВНИИТФ академики Е.И. Забабахин и Е.Н. Аврорин. В 1967 году он был переименован во Всесоюзный научно-исследовательский институт приборостроения (ВНИИП), а в 1989 году – во Всесоюзный НИИ технической физики. В 1992 году институт получил статус Российского федерального ядерного центра, которому в 1998 году было присвоено имя академика Е.И. Забабахина.

Основной костяк научных и инженерно-технических работников НИИ-1011 составили специалисты, откомандированные из КБ-11.

В связи с Постановлением Совета Министров СССР от 24 марта 1955 года и приказом Министра № 254 от 6 апреля 1955 года 115 сотрудников КБ-11 были освобождены от занимаемых должностей «в связи с переходом на другую работу».

НИИ-1011 создавался прежде всего с военно-стратегической целью: сохранения ядерного центра страны на случай войны. Второй задачей, решаемой с образованием этого института, было создание условий для конкуренции между предприятиями, способствующей развитию соревнования в деле разработки ядерного оружия с более высокими тактико-техническими показателями.

Первым директором НИИ-1011 был инженер-полковник Д.Е. Васильев, работавший в атомной промышленности с 1947 года. Научным руководителем и главным конструктором со дня образования института и в течение первых пяти лет был один из ближайших соратников И.В. Курчатова и Ю.Б. Харитона член-корреспондент АН СССР К.И. Щёлкин.

Первыми в Челябинск-70 прибыли физики-теоретики и математики. Затем появились радиохимики и физики-экспериментаторы. Из-за отсутствия экспериментальной базы многие сотрудники нового объекта продолжали работать в КБ-11, но уже по своей тематике.

К началу 1959 года все сотрудники НИИ-1011, работавшие в стенах КБ-11, переехали в Челябинск-70, где полным ходом шло строительство объектов научно-исследовательской и экспериментальной базы.

Структурная схема Всероссийского научно-исследовательского института технической физики во многом повторяет структуру первого ядерного центра страны.

Наиболее важными для ВНИИТФ стали работы, направленные на миниатюризацию ядерных боеприпасов, предназначенных для оснащения стратегических ракетных комплексов, крылатых ракет, авиабомб и артиллерии, а также разработки зарядов для мирных целей.

В современных условиях сокращения ядерных вооружений существенно изменились функциональные задачи Института. На первое место вышли задачи поддержания надежности и безопасности боезапаса при отсутствии ядерных испытаний. Появились новые важные технические и организационные задачи: авторский надзор по поддержке и воспроизводству боезапаса в условиях отсутствия полномасштабных испытаний, защита и утилизация освобождающихся ядерных оружейных материалов, обеспечение паритета и баланса при сокращении ядерных вооружений, соблюдение необходимой и достаточной для взаимного доверия транспарентности, нераспространение ядерных технологий, контроль за соблюдением Договора о запрещении ядерных испытаний.

Директором РФЯЦ-ВНИИТФ является член-корреспондент РАН Г.Н. Рыкованов, научным руководителем – академик РАН Е.Н. Аврорин.

4.4.4. Всероссийский НИИ автоматики им. Н.Л. Духова

Всероссийский НИИ автоматики (ВНИИА) им. Н.Л. Духова входит в ядерно-оружейный комплекс Минатома России и является одним из трех разработчиков ядерных боеприпасов страны.

Официальная история ВНИИА, как предприятия ядерно-оружейного комплекса, начинается с 1954 года, когда по инициативе академика Ю.Б. Харитона, научного руководителя КБ-11, постановлением Совета Министров СССР от 5 мая 1954 года в состав Министерства среднего машиностроения СССР в качестве филиала №1 КБ-11 был передан Московский опытный завод №25 Министерства авиационной промышленности СССР.

Главной целью создания нового предприятия явилась необходимость расширения программ разработок ядерных боеприпасов и их неядерных компонентов для различных видов Вооруженных сил страны, то есть обеспечение разработки, испытания, передачи конструкторской документации в серийное производство и авторское сопровождение в эксплуатации различных видов ЯБП.

В 1956 году филиал №1 КБ-11 был преобразован в самостоятельное предприятие – КБ-25. В настоящее время ВНИИА им. Н.Л. Духова является одним из ведущих предприятий Минатома России.

Бессменным главным конструктором ВНИИА в течении многих лет являлся А.А. Бриш.

В последние десятилетия ВНИИА обеспечил своими разработками ЯБП практически все тактические ракетные комплексы ВВС и ВМФ, а также стратегические крылатые ракеты воздушного и морского базирования.

В настоящее время развитие ВНИИА идет в двух основных направлениях:

- сохранение и укрепление позиций в области создания ядерно-оружейной техники с учетом постоянного повышения ее безопасности на всех этапах жизненного цикла;
- создание, производство и сбыт конкурентоспособных изделий для гражданских отраслей народного хозяйства, основанных на использовании передовых технологий двойного применения.

При этом главные элементы направлений развития гражданского сектора института связаны со следующими видами продукции:

- нейтронные генераторы и аппаратура на их основе;
- программно-технические средства АСУТП атомных и тепловых электростанций;
- датчики давления;
- рентгеновские генераторы и аппаратура на их основе;
- приборы электровзрывания;
- аппаратура системы учета, контроля и физической защиты ядерных материалов;
- медицинская аппаратура (многоканальные электроэнцефалографы, электрокардиографы, дефибрилляторы).

К числу основных итогов реструктуризации, затронувших практически все подразделения института, относятся следующие результаты:

- численность инженерно-технических научных работников, занятых ядерно-оружейной тематикой, сократилась с 2000 человек до 800 человек. Общая численность персонала, обеспечивающего выполнение государственного оборонного заказа, уменьшилась в 2,2 раза, то есть с 5100 человек в 1989 году до 2300 человек в 1999 году;
- в институте создано 700 рабочих мест в рамках конверсионных гражданских направлений, большинство из которых занято сотрудниками, ранее работавшими по оборонной тематике;
- практически все выбранные гражданские направления подтвердили свою коммерческую состоятельность и почти неограниченные возможности саморазвития.

Следует отметить, что проведенные работы подтвердили рациональность объединения разработки и серийного производства на одном предприятии. Интенсивно ведутся работы по снижению трудоемкости изделий, внедряется принципиально новая контрольно-измерительная аппаратура, повышающая достоверность контроля и в несколько раз снижающая трудозатраты на проверочные операции.

В рамках проекта «Организация импортозамещающего производства специальных полупроводниковых приборов» создается опытно-серийный участок изготовления специальных полупроводниковых приборов. Этот проект является частью работ, которые проводятся ВНИИА по замене элементной базы, ранее выпускавшейся на различных предприятиях России и ближнего зарубежья.

Директором ВНИИА является Ю.Н. Бармаков, главным конструктором – Г.А. Смирнов.

4.4.5. Центр ядерного приборостроения – НИИ импульсной техники

17 декабря 1960 года Правительство СССР приняло решение о создании на базе Электровакуумной лаборатории Института химической физики АН СССР филиала КБ-25 МСМ СССР, ориентированного на разработку радиоэлектронной, электровакуумной аппаратуры и датчиков для регистрации однократных быстропротекающих процессов в области наносекундного диапазона времени.

10 апреля 1962 года филиал КБ-25 был преобразован в Научно-исследовательский институт электровакуумной и импульсной техники (НИИ-50). Директором и научным руководителем Института был назначен основатель Электровакуумной лаборатории профессор Б.М. Степанов.

В апреле 1966 года на базе НИИ-50 был организован Научно-исследовательский институт импульсной техники (НИИИТ), который стал ответственным не только за научно-технический уровень разработок специальной измерительной аппаратуры, но и за разработку и формирование измерительных диагностических систем с поставкой их в необходимых объемах на полигоны страны с последующим авторским надзором.

Директором и научным руководителем НИИИТ стал заместитель главного конструктора КБ-11 А.И. Веретенников. В 1987–1988 году директором и научным руководителем института был В.Н. Михайлов.

Под руководством и при непосредственном участии В.Н. Михайлова в период с 1970 по 1988 год была разработана уникальная диагностическая аппаратура измерений быстропротекающих процессов при ядерных взрывах.

Проведение совместного советско-американского эксперимента на Невадском и Семипалатинском ядерных полигонах под научным руководством В.Н. Михайлова позволило ввести в действие договор 1974 года об ограничении подземных испытаний ядерного оружия.

Помимо оснащения полигонов МО СССР измерительными системами и авторского надзора за ними, НИИ импульсной техники отвечал также за достоверность результатов физических измерений, полученных с их помощью при испытаниях ядерных устройств. За прошедшие годы специалисты Института совместно с другими предприятиями ядерно-оружейного комплекса страны работали около 20 методик физических измерений различных параметров ядерных устройств, в которых были регламентированы процедуры постановки измерений, приборный состав, методы проверки измерительных каналов, в также обработка и передача результатов измерений при испытаниях ядерных устройств.

В 1978 году НИИИТ был подключен к работам по созданию аппаратуры для сейсмических станций. В 1983 году на Государственные испытания была представлена автоматизированная сейсмическая станция «Парус».

В 1986 году НИИ импульсной техники был назначен головным предприятием по созданию глобальной системы сейсмического контроля «Материк» с набором автоматических сейсмических станций «Парус-2», расположенных в разных контрольных точках земной поверхности и способных вести непрерывную регистрацию сигналов с целью обнаружения возможных подземных ядерных взрывов на территории, охватывающей более 70% площади Земного шара.

Сегодня НИИИТ – одно из ведущих предприятий атомной отрасли по разработке методов, технических средств и автоматизированных телеметрических систем для измерения амплитудно-временных характеристик электромагнитного, оптического, ионизирующих излучений и сейсмических волн. В Институте трудятся более 1100 сотрудников.

Основной задачей института и сегодня остается как оснащение современной наукоемкой аппаратурой российских федеральных ядерных центров, научных организаций РАН, Министерства обороны, других научных и промышленных центров страны, так и непосредственное участие с применением своей аппаратуры в неядерных взрывных экспериментах, в экспериментальных исследованиях по термоядерному синтезу и других работах.

НИИИТ является головным по вопросам технического обеспечения российской части международной системы мониторинга в рамках Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ). По контрактам с Временным техническим секретариатом Международной организации по ДВЗЯИ институт провел обследования площадок для размещения на территории России более 20 станций сейсмического, инфразвукового и радионуклидного мониторинга Международной

системы мониторинга и приступил к проектированию, строительству и вводу в эксплуатацию семи из этих станций.

Директором и главным конструктором НИИИТ является К.Н. Даниленко.

4.4.6. НИИ измерительных систем

23 февраля 1966 года Правительство СССР, в целях обеспечения единства технических решений в работах по созданию радиодатчиков в комплексе с автоматикой боевых частей специальных изделий, приняло решение о переводе Специального конструкторского бюро № 326 в ведение МСМ СССР и создании на его базе Горьковского филиала КБ-11. Начальником филиала был назначен Ю.Е. Седаков, главным конструктором Н.З. Тремасов, научное руководство было возложено на главного конструктора КБ-2 ВНИИЭФ С.Г. Кочарянца.

В 1967 году Горьковскому филиалу КБ-11 присвоено наименование Горьковское конструкторско-технологическое бюро измерительных приборов.

В 1976 году на базе конструкторско-технологического бюро был образован Научно исследовательский институт измерительных систем (НИИИС). В 1995 году постановлением Законодательного собрания Нижегородской области НИИИС было присвоено имя Ю.Е. Седакова.

В настоящее время директором НИИИС является В.С. Костюков.

4.4.7. Институт стратегической стабильности

В конце 1999 года в составе Минатома России был создан Институт стратегической стабильности. К основным направлениям деятельности института относятся исследования, связанные с выработкой военно-технической и научно-технической политики в отношении развития ядерного оружейного комплекса России, определением задач и возможностей ядерных вооружений в новой военно-политической реальности. Институт координирует исследования в этих направлениях основных организаций Минатома России и активно сотрудничает при проведении своих работ с институтами Минобороны России и другими компетентными организациями. Директором Института стратегической стабильности является академик РАН В.Н. Михайлов.

4.5. Национальная система контроля в целях нераспространения ядерного оружия

4.5.1. Общие подходы к обеспечению защиты ядерных материалов и объектов

Россия строит свою политику в области нераспространения на основе Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), участником и депозитарием которого она является.

Даже самые решительные критики советской системы впоследствии признавали, что система экспортного контроля в ядерной области работала в СССР безупречно. В то же время система экспортного контроля в СССР была создана для условий централизованной плановой экономики и командно-административных методов управления.

Постепенно Россия создала всеобъемлющую систему ядерного ЭК, основывающуюся на нормативной базе, перечнях контролируемых товаров и технологий, процедуре выдачи лицензий на экспорт, механизме контроля за выполнением правил. Национальная система экспортного контроля России включила все необходимые элементы (контрольные списки, лицензирование, сертификацию импорта), рекомендуемые группой ядерных поставщиков. В соответствии с Руководящими принципами этой группы Россия создала две подсистемы экспортного контроля в целях нераспространения ядерного оружия.

Правовой основой российской системы ядерного ЭК на этапе ее становления стали указы и распоряжения Президента и постановления Правительства. Это позволило создать механизм экспортного контроля в очень короткий срок.

Основой российского законодательства в области экспортного контроля является закон «Об экспортном контроле» (1999).

Согласно этому закону, Россия проводит государственную политику в области экспортного контроля, которая является составной частью внутренней и внешней политики России и осуществ-

ляется в целях обеспечения безопасности государства, его политических, экономических и военных интересов.

Основными целями экспортного контроля в законе определены: защита интересов Российской Федерации; реализация требований международных договоров Российской Федерации в области нераспространения ОМУ, средств его доставки, а также в области контроля за экспортом продукции военного и двойного использования; создание условий для интеграции российской экономики в мировую экономику.

Основные требования к созданию системы государственного учета и контроля ядерных материалов в России определены Федеральным законом «Об использовании атомной энергии», принятым в ноябре 1995 года.

Этот закон и принятые на его основе постановления правительства Российской Федерации сохраняют государственную монополию на производство, хранение, использование и экспорт ядерных материалов. Все мероприятия, связанные с государственным управлением ядерными материалами, их учетом, контролем и защитой, являются компетенцией Минатома, как федерального органа исполнительной власти Российской Федерации, осуществляющего государственное управление использованием атомной энергии.

На предприятиях и в организациях, осуществляющих деятельность с ядерными материалами, до настоящего времени проводится и продолжает существовать строгий учет ядерных материалов как материального имущества. Совершенствование учета и контроля на предприятиях и в организациях заключается в том, чтобы внедрять современные высокоточные методы количественных измерений физических характеристик ядерных материалов при их приеме, передачах и инвентаризациях. Ответность перед вышестоящими органами о наличии ядерных материалов на предприятиях и в организациях должна основываться на данных измерений.

Важнейшими направлениями обеспечения защиты ядерных материалов от хищения являются их учет, контроль и физическая защита.

Система физической защиты (СФЗ) и системы учета и контроля (СУиК) ядерных материалов имеют общую цель: обеспечение сохранности ядерных материалов, но достигают ее разными способами.

Основной задачей СФЗ является обеспечение исключительно санкционированного доступа персонала к ядерным материалам и изделиям на их основе и контроль за их проносом (провозом) на объект и отдельные его зоны.

Основной задачей СУиК является учет ядерных материалов и контроль их реального наличия в соответствии с учетными данными в процессе хранения, использования и транспортировки.

В настоящее время СФЗ и СУиК на российских ядерных объектах активно совершенствуются, в том числе и в рамках российско-американского сотрудничества по Программе физической защиты, учета и контроля ядерных материалов. Работа проводится в следующих направлениях:

- совершенствование правовой и нормативной базы на федеральном, отраслевом и объектовом уровнях;
- разработка и применение передовых методов анализа и проектирования СФЗ и СУиК;
- разработка, производство и применение современных технических средств и систем;
- проведение мероприятий по обучению и повышению квалификации персонала.

4.5.2. Создание системы обеспечения атомной отрасли техническими средствами безопасности

В начале 60-х годов руководством МСМ была принята новая концепция охраны объектов. В составе ВНИИ химической технологии была создана специальная лаборатория, на которую были возложены задачи по разработке технических средств охраны (ТСО) и координации работ в этой области в системе Министерства.

Для решения поставленной задачи потребовалось развернуть широкий фронт работ, включая выбор направлений исследований и разработок, создание научно-методической, испытательной и опытно-конструкторской базы, формирование коллектива специалистов в этой новой области техники, которых не готовил ни один вуз страны.

Уже через год появился ряд лабораторных макетов сигнализационных датчиков различных принципов действия – емкостных, радиолучевых, ультразвуковых, микроволновых, оптических. Изготовленные макеты демонстрировались на выставке, устанавливались на пробную эксплуатацию на многих объектах и при всем своем несовершенстве явно показывали преимущества внедрения технических средств.

Одновременно на Пензенском приборостроительном заводе (ППЗ) была создана сначала группа, а затем лаборатория, которая стала заниматься отработкой конструкторской документации для серийного производства ТСО и превратилась в серийное конструкторское бюро.

В 1964 году начался серийный выпуск первых приборов охранной сигнализации, а также другого необходимого оборудования, которые включались в проекты на охранную сигнализацию объектов различных ведомств.

В 1966–1967 годах началось серийное производство нескольких типов новых датчиков для охраны периметров и помещений объектов, были созданы современные системы сбора и обработки информации, началось широкое оснащение объектов отрасли.

В апреле 1968 года на базе лабораторий ВНИИХТа и ППЗ были созданы специализированные отделы с целью разработки малозаметных, надежных систем сигнализации для охраны государственной границы с максимальным учетом требований пограничных войск и других служб безопасности.

Руководство МСМ создало самостоятельный отдел по вопросам организации и проведения в отрасли работ, направленных на противодействие техническим средствам разведки противника.

В октябре 1976 года руководство страны приняло постановление, которым возложило на Минсредмаш:

- выполнение поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию комплексов технических средств охраны, обеспечивающих эффективную защиту участков государственной границы и особо важных объектов;
- разработку комплексных проектов по оборудованию государственной границы и особо важных объектов и техническое руководство работами по осуществлению этих проектов;
- выполнение монтажных и пусконаладочных работ.

В центральном аппарате Министерства на базе Второго главного управления было создано Специальное техническое управление (СТУ) для централизованного планирования и руководства работами по созданию и внедрению ТСО для охраны государственной границы и особо важных объектов. Начальником этого управления был назначен генерал-майор Е.Т. Мишин.

На базе СКБ ВНИИХТ был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт физических приборов (ВНИИФП), а на базе спецотдела ППЗ было образовано Специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ).

С созданием ВНИИФП и СКТБ это направление работ получило дальнейшее развитие. Практически все вновь вводимые особо важные объекты в СССР оснащались производимой подразделениями Минсредмаша аппаратурой. Фактически в рамках Министерства была создана и успешно функционировала новая подотрасль «технические средства безопасности».

В середине 80-х годов СКТБ было преобразовано в НИКИРЭТ, были созданы предприятия «Дедал» в г. Дубне и «Лептон» в г. Лермонтове.

В 1989 году приказом Министра было образовано государственное предприятие «Специальное научно-производственное объединение «Элерон» (ГП СНПО «Элерон»), генеральным директором которого был назначен Е.Т. Мишин. В объединение вошли ВНИИФП, НИКИРЭТ, предприятия «Дедал», «Лептон», а также специалисты СТУ, имеющие большой опыт организационной работы по техническим средствам охраны.

В 1996 году приказом министра по атомной энергии на ГП СНПО «Элерон» были возложены научно-методическое руководство и обеспечение работ по физической защите ядерно- и радиационно-опасных объектов, ядерных установок и материалов при их производстве, использовании, переработке, хранении и транспортировании, организация физической защиты инженерно-техническими средствами, включая их разработку, изготовление, проектирование, внедрение и сертификацию, а также функции головной организации по данной проблеме в отрасли.

В настоящее время в Минатоме России разработаны и серийно изготавливаются различные технические средства для построения СФЗ ядерных объектов.

За последние несколько лет объединение «Элерон» проводило работы по оснащению современными системами физической защиты на десятках объектов отрасли и других ведомств. Им установлены прочные научно-производственные и взаимовыгодные партнерские отношения с исследовательскими лабораториями Министерства энергетики США по реализации ряда крупных совместных проектов по обеспечению безопасности хранения и транспортировки расщепляющихся материалов.

4.6. Министры атомной отрасли

В создании ядерного оружейного комплекса и гражданской ядерной энергетики, ядерной инфраструктуры нашего государства выдающуюся роль играли руководители атомной отрасли СССР и России.

Первым министром атомной отрасли был начальник Первого главного управления при Совете Министров СССР Борис Львович Ванников (1897–1962). До своего назначения начальником ПГУ он возглавлял Наркомат боеприпасов. Б.Л. Ванников руководил созданием и развитием атомной отрасли СССР в период с 1945 по 1953 год, когда были заложены основные элементы ядерной инфраструктуры СССР по добыче и переработке урана, наработке плутония и трития, производству урановой продукции, производству ядерных боеприпасов и решена первая основная задача – создано атомное оружие.

В 1953 году был ликвидирован Специальный комитет, и на базе Первого, Второго и Третьего главных управлений при Совете Министров СССР было создано Министерство среднего машиностроения. Его первым министром стал Вячеслав Александрович Малышев (1902–1957). В годы войны В.А. Малышев возглавлял Наркомат танковой промышленности. В 1945–1946 годах он входит в число руководителей Специального комитета и ПГУ, обеспечивая организацию и контроль работы предприятий и институтов по проблеме обогащения урана. В 1950–1953 годах В.А. Малышев возглавлял Министерство судостроительной промышленности и был одним из организаторов создания атомного подводного флота. В период с 1953 по 1955 год, когда В.А. Малышев возглавлял МСМ, в СССР были созданы первые термоядерные заряды РДС-6с и РДС-37.

В период с 1955 по 1956 год МСМ возглавлял Авраамий Павлович Завенягин (1901–1956). Он начал работать в атомном проекте СССР в 1943 году, когда занимал должность заместителя наркома внутренних дел. С 1945 года он входил в состав Спецкомитета и являлся первым заместителем начальника ПГУ. После организации МСМ А.П. Завенягин был назначен заместителем министра. К его достижениям, как организатора атомной промышленности, относятся создание важнейших НИИ (таких как ВНИИНМ и ФЭИ), комбинатов по добыче урана, строительство и пуск комбинатов № 813 и № 817, реконструкция завода № 12.

В 1957 году министром среднего машиностроения был Михаил Григорьевич Первухин (1904–1978). Заместитель Председателя Совнаркома с 1940 года М.Г. Первухин стоял у истоков атомного проекта СССР, оказывая энергичное содействие созданию Лаборатории № 2 и организации первых работ над атомной проблемой. С 1945 года М.Г. Первухин входит в состав Спецкомитета и возглавляет его Инженерно-технический совет, содействует созданию первых производств по наработке плутония и обогащению урана. С 1946 года, работая министром химической промышленности, М.Г. Первухин содействовал развитию производства тяжелой воды, гексафторида урана и другой, необходимой для атомного проекта продукции. В 1955 году М.Г. Первухин стал первым заместителем Председателя Совета Министров СССР и в 1957 году совмещал эту должность с руководством МСМ.

В период с 1957 по 1986 год министром среднего машиностроения был Ефим Павлович Славский (1989–1991). До назначения в 1946 году заместителем начальника ПГУ он работал заместителем Наркома цветной металлургии. В начале 1947 года был назначен директором комбината № 817. В 1949–1957 годах работал в ПГУ и МСМ, с 1955 года – первым заместителем министра. Под руководством Е.П. Славского была развита промышленность по добыче урана, созданы ключевые институты и КБ. В период руководства Е.П. Славского был создан ядерный и термоядерный арсенал СССР, обеспечен ядерный паритет с США, освоена технология подземных ядерных испытаний, развиты различные ядерные взрывные технологии в мирных целях, создана атомная энергетика СССР.

С 1986 по 1989 год атомную отрасль СССР возглавлял Лев Дмитриевич Рябев (родился в 1933 году). Л.Д. Рябев в середине 70-х годов был директором ведущего ядерного центра СССР – ВНИИ экспериментальной физики (г. Саров), затем находился на партийной работе. В 1984–1986 годах был заместителем и первым заместителем министра среднего машиностроения. Активно участвовал в ликвидации последствий Чернобыльской аварии. Руководил работами по адаптации атомной отрасли к новым реалиям конца 80-х годов. В 1989 году стал заместителем Председателя Совета Министров по топливно-энергетическому комплексу. С 1993 по 2003 год в Минатоме России в качестве первого заместителя министра Л.Д. Рябев курировал ядерный оружейный комплекс, атомную энергетику, вопросы международного сотрудничества.

В 1989–1991 году атомную отрасль возглавлял Виталий Федорович Коновалов (родился в 1932 году). До этого с 1979 по 1986 год он возглавлял одно из старейших предприятий атомной отрасли – машиностроительный завод в г. Электросталь, в 1986–1989 годах – работал начальником главного управления МСМ, заместителем министра среднего машиностроения. Годы руководства атомной отраслью В.Ф. Коноваловым совпали с острым политико-экономическим кризисом и распадом СССР. В 1992–1996 годах В.Ф. Коновалов был первым заместителем министра РФ по атомной энергии.

В 1992 году после провозглашения независимости Российской Федерации первым министром РФ по атомной энергии стал Виктор Никитович Михайлов (родился в 1934 году), который работал на посту министра до 1998 года. До этого назначения В.Н. Михайлов работал заместителем министра и руководил ядерно-оружейным комплексом отрасли. В начале 90-х годов, благодаря последовательной позиции В.Н. Михайлова, удалось сохранить ядерный статус и отстоять единство атомной отрасли России. Новый импульс получило развитие международного сотрудничества в ядерной области, ядерный оружейный комплекс адаптировался к новым военно-политическим и экономическим условиям, активно развивались работы по обеспечению ядерной безопасности.

С 1998 по 2001 год Минатом России возглавлял Евгений Олегович Адамов (родился в 1939 году). До этого назначения Е.О. Адамов возглавлял один из основных институтов ядерной энергетики – НИКИЭТ. В его период руководства в системе Минатома развивались конверсионные работы, широкую известность приобрела программа ввоза в Россию иностранного ОЯТ, и был взят курс на развитие ядерных реакторов на быстрых нейтронах естественной безопасности.

С 2001 года Минатом России возглавляет Александр Юрьевич Румянцев (родился в 1945 году), который до этого работал директором РНЦ «Курчатовский институт».

4.7. Кадровая политика атомной отрасли

Подготовка кадров для атомной индустрии – особая страница в истории атомной отрасли. Тщательность подбора кадров определялась не только профессиональной пригодностью, но и оценкой пригодности по политическим качествам. Все отрасли народного хозяйства страны были вынуждены отдавать в атомную промышленность наиболее одаренных и интеллектуально богатых людей. Люди разных специальностей, существовавших в народном хозяйстве, были объединены в одном ведомстве для решения общих задач.

Как и в США, люди проходили проверку на возможность работы с секретными материалами и документами, тщательность этой проверки обеспечивалась профессионально. За все время деятельности Минатома, по существу, не было ни одного известного случая утечки важных сведений и документов. Даже факт проведения первого ядерного испытания хранился около месяца в секрете, что создавало неуверенность у США в достоверности факта его проведения.

На промышленных предприятиях, в научно-исследовательских институтах, в конструкторских бюро и непосредственно на производствах Минатома в 1995 году работало 24 академика РАН, 18 членов-корреспондентов РАН, 670 докторов наук, 4500 кандидатов наук, 25 Героев труда. Здесь были собраны люди различных профессий и разных возрастов, объединенных одной целью.

В отрасли работали девять Трижды героев труда – Игорь Васильевич Курчатов, Борис Львович Ванников, Анатолий Петрович Александров, Николай Леонидович Духов, Яков Борисович Зельдович, Андрей Дмитриевич Сахаров, Ефим Павлович Славский, Юлий Борисович Харитон, Кирилл Иванович Щёлкин.

В 1990 году только в основном производстве и на строительных работах в Минатоме было занято 1,38 миллиона человек. В 1995 году в канун 50-летия Минатома в нем сохранилось около 600 000 человек, работавших на государственных предприятиях, а остальные работали в акционированных фирмах.

В отраслевых вузах в 1995 году обучались более 5000 студентов по 34 специальностям. Кадры специалистов отрасли стали готовить по широкому направлению деятельности, включая генетику, биофизику, экологию. Для атомной промышленности России подготовку кадров осуществляли 20 вузов страны, включая МГУ, МЭИ, МВТУ, МИСИ, МИФИ и другие, семь из которых находились в непосредственном ведении Минатома России.

В России с учетом смены кадров, военных строителей, специального контингента в атомной отрасли работало за весь период деятельности Минатома свыше 5 миллионов человек, а с учетом кадров армии, эксплуатационного персонала предприятий, использовавших атомное оборудование, с атомной энергией работало не менее 15 миллионов человек, то есть 5% населения СССР.

4.8. Планы по сокращению ядерно-оружейного комплекса

Во время противостояния СССР и США, во второй половине XX века, Советский Союз создал мощный ядерно-оружейный комплекс. Основные элементы комплекса расположены в 10 закрытых городах Минатома, общее население которых составляет 760 000 человек. В работах, непосредственно связанных с ядерным оружием, занято около 75 000 человек.

Окончание холодной войны, осмысление роли и места ядерного оружия для обеспечения стратегической стабильности привели к значительным переменам в оружейном комплексе России. Прекращено производство оружейного плутония и урана, запрещены испытания ядерного оружия, происходит сокращение ядерных арсеналов. В силу этих причин освобождается персонал, занятый в оборонных работах. Необходима эффективная стратегия конверсии ядерных городов, чтобы обеспечить достойную жизнь их гражданам.

Прекращение и запрещение производства делящихся оружейных материалов является надежным средством нераспространения ядерного оружия.

США наработали около 100 тонн плутония и 650 тонн оружейного урана. Для СССР существуют следующие оценки зарубежных экспертов по наработке делящихся материалов: около 125 тонн плутония и 1020–1380 тонн оружейного урана.

К середине 60-х годов в СССР плутоний для оружейных целей нарабатывался на 13 промышленных реакторах на трех комбинатах: Челябинск-65, Томск-7, Красноярск-26. С октября 1994 года работают только два реактора в Томске-7 (ныне г. Северск) и один реактор в Красноярске (ныне г. Железнодорожный), которые используются для производства тепла и электричества для нужд населения, и они будут работать до введения замещающих мощностей. Нарбатываемый там плутоний не используется для производства оружия.

В ноябре 1989 года СССР объявил о прекращении производства высокообогащенного урана для ядерного оружия.

В США производство высокообогащенного урана для ядерного оружия было прекращено в 1964 году, производство плутония – в 1988 году. Максимальное число действующих промышленных реакторов в США составляло 14. В июле 1992 года президент Джордж Буш объявил, что США не будут возобновлять производство плутония и урана для ядерного оружия.

18 февраля 1993 года Россия и США подписали соглашение, в соответствии с которым США приобретают за 12 миллиардов долларов низкообогащенный уран, полученный при разобогащении 500 тонн оружейного урана, демонтируемого в процессе сокращения ядерного оружия.

В совместном Заявлении президентов России и США от 2 сентября 1998 года о принципах обращения и утилизации плутония, заявленного как не являющегося более необходимым для целей обороны, обе стороны приняли на себя обязательства разработать меры транспарентности и выделить до 50 тонн избыточного оружейного плутония для их последующей утилизации либо путем использования в МОХ-топливе, либо посредством иммобилизации.

В соответствии с заявлением президентов России и США В.В. Путина и Билла Клинтона от 4 июля 2000 года об обращении с оружейным плутонием, заявленным как не являющимся более необходимым для целей обороны, его утилизации подлежит по 34 тонны оружейного плутония.

Глава 7

Атомная энергетика СССР и России

СОДЕРЖАНИЕ

1. НАЧАЛО ПУТИ. ПЕРВЫЕ РАБОТЫ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	351
2. РАЗВИТИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ	352
2.1. Развитие схемы водографитовых реакторов	352
2.2. Атомные электростанции с водографитовыми реакторами	353
2.3. Развитие реакторов ВВЭР	354
3. РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ	356
4. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА СССР И РОССИИ	358
4.1. Атомные электростанции СССР	358
4.2 Место атомной энергетики в топливно-энергетическом балансе	363
5. НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	364
5.1. Малая ядерная энергетика	364
5.2. Атомные станции теплоснабжения	366
5.3. Разработка ЯЭУ для космических аппаратов	367
6. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	369
6.1. Мировое энергопроизводство и роль ядерной энергетики	369
6.2. Запасы основных энергоносителей	371
6.3. Перспективы ядерной энергетики.	373
7. БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ	376
7.1. Необходимость новой стратегии развития атомной отрасли	376
7.2. Перспективы атомной отрасли	379
7.3. Поставка ядерного топлива из оружейного урана в США и национальные интересы России	380
7.4. Энергетические технологии XXI века и ядерные топливные циклы	381
8. ИНИЦИАТИВА ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА	385
9. ИНИЦИАТИВА МИНАТОМА РОССИИ	387

1. НАЧАЛО ПУТИ. ПЕРВЫЕ РАБОТЫ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Из рассекреченных по указанию Президента РФ Б.Н. Ельцина архивных документов по атомному проекту СССР следует, что в СССР уже в 1945 году на государственном уровне рассматривались вопросы применения атомной энергии в мирных целях. Так, 26 октября 1945 года Технический совет ПГУ рассматривал предложения академика П.Л. Капицы «О применении внутриатомной энергии в мирных целях».

Направления исследований по использованию атомной энергии в мирных целях после 1945 года постоянно расширялись. Инициатором и руководителем этих работ был президент Академии Наук СССР С.И. Вавилов. Особое место в использовании атомной энергии в мирных целях занимала проблема создания энергетических реакторов. В 1947 году в печати появились сообщения о начале работ по созданию атомной электростанции в США, и это обстоятельство подтолкнуло развитие аналогичных работ в России.

Развитие промышленной базы по получению плутония давало возможность попутного получения значительного количества радиоактивных изотопов. Первое применение изотопов в России в народном хозяйстве относится к 1948 году. Радиоактивный кобальт стал применяться для просвечивания сварных швов трубопроводов. Широкое использование изотопов в промышленных масштабах началось с 1950 года.

Вопросы использования атомной энергии в мирных целях на самом высоком правительственном уровне стали рассматриваться сразу же после успешного испытания первой атомной бомбы. В ноябре 1949 года на заседании Специального комитета при Совете Министров СССР было принято решение:

«В целях изыскания возможностей использования атомной энергии в мирных целях (возможности разработки проектов силовых установок и двигателей с применением атомной энергии) поручить гг. Курчатову, Александрову, Доллежалю, Бочвару, Завенягину, Первухину и Емельянову рассмотреть вопрос о возможных направлениях научно-исследовательских работ в этой области и свои соображения в месячный срок доложить Специальному комитету».

США уже в апреле 1946 года предполагали начать строительство атомной электростанции с газовым теплоносителем в Ок-Ридже и ввести ее в эксплуатацию в 1948 году. Об этом заявил генерал Лесли Гровс – руководитель атомного проекта США.

Первая идея создания локомотивов с приводом от атомного реактора для железных дорог также принадлежит американцам и датируется 1946 годом. В 1947 году были высказаны идеи о применении ядерных реакторов на самолетах, подводных лодках, авианосцах.

В СССР в 1946 году И.В. Курчатов рассматривал возможность использования графитового реактора (который разрабатывался тогда для переработки оружейного плутония) в целях производства энергии. В 1949 году в Лаборатории № 2 исследовались возможные направления создания энергетических реакторов для транспорта и атомной энергетики. 16 мая 1949 года постановление Правительства определило начало работ по созданию первой атомной электростанции. В качестве места ее строительства был определен город Обнинск, а в ее создании ключевую роль играли Лаборатория «В» (ГНЦ «Физико-энергетический институт») и Лаборатория № 2 (РНЦ «Курчатовский институт»). Научным руководителем работ по созданию первой АЭС был назначен И.В. Курчатов, главным конструктором реактора – Н.А. Доллежал. Проект АЭС разрабатывал проектный институт ГСПИ-12 (г. Москва).

В этот же период времени, начиная с 1951 года, стали проводиться исследования возможности создания ядерных энергетических установок для кораблей ВМФ и гражданских судов. Эти исследования стимулировались информацией из США о масштабных работах по созданию атомной подводной лодки. Эта задача требовала совершенно новых решений – создание эффективного малогабаритного ядерного реактора в условиях жестких ограничений, определяемых условиями разме-

щения и эксплуатации на подводной лодке. С самого начала рассматривалось несколько проектов: один – в Лаборатории № 2 под руководством А.П. Александрова и С.М. Файнберга, а другой – в Лаборатории «В» под руководством Д.И. Блохинцева. Конструкторские работы по обоим проектам проводились под руководством Н.А. Доллежаль. В обоих проектах реакторных установок в качестве теплоносителя использовалась вода. В проекте Лаборатории № 2 в качестве замедлителя нейтронов также использовалась вода, а в проекте Д.И. Блохинцева – твердые вещества. В это же время в Лаборатории «В» под руководством А.И. Лейпунского были начаты исследования по возможности создания судовой реакторной установки с использованием металлического теплоносителя в виде сплава «свинец-висмут».

Научным руководителем проекта первой АПЛ и ядерной установки был назначен А.П. Александров, главным конструктором АПЛ – В.Н. Перегудов, главным конструктором ядерной установки – Н.А. Доллежаль. Первый проект создания АПЛ получил название проект 627, а сама подводная лодка впоследствии была названа «Ленинский комсомол». Для отработки элементов ядерной энергетической установки использовалась технология специальных наземных стендов, которые воспроизводили состав и компоновку установки АПЛ в «лабораторных» условиях. Первая АПЛ проекта 627 была спущена на воду в августе 1957 года, а 17 января 1959 года она была передана в состав ВМФ. По своему типу эта АПЛ относилась к классу атомных ударных подводных лодок.

2. РАЗВИТИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

2.1. Развитие схемы водографитовых реакторов

Первая в мире атомная электростанция мощностью 5 МВт была пущена 27 июня 1954 года в России в г. Обнинске.

Параллельно с созданием демонстрационной атомной электростанции начались работы по двухцелевым реакторам, которые могли бы сочетать выработку электроэнергии и наработку оружейного плутония. Реальное развитие этого направления также пошло по пути графитовых реакторов с водяным охлаждением.

В 1955 году на Сибирском химическом комбинате был пущен новый, существенно более мощный промышленный реактор И-1 с первоначальной мощностью в 300 МВт, которая со временем была увеличена в пять раз.

В первых схемах промышленных реакторов использовалась проточная схема охлаждения, когда вода забиралась из водоема, после очистки охлаждала активную зону и сбрасывалась для охлаждения в другую часть водоема. В 1950 году, по инициативе И.В. Курчатова, были начаты исследования по возможности перехода на замкнутый контур охлаждения, что позволяет существенно сократить выход радиоактивности в окружающую среду. Такой двухконтурный уран-графитовый реактор ЭИ-2 был разработан в НИКИЭТ, и с 1958 года он действовал на СХК. Эта линия развития промышленных реакторов стала основной и была использована в новых реакторах типа АДЭ, которые были построены как на СХК, так и на Красноярском ГХК.

Успешный опыт создания первой АЭС и создания промышленных реакторов для наработки плутония стал основой для разработки мощных энергетических реакторов канального типа для Белоярской АЭС. В качестве ядерного топлива этих реакторов использовался низкообогащенный уран, в качестве замедлителя – графит, в качестве теплоносителя – вода. Особенностью схемы этих реакторов было осуществление перегрева пара до высокой температуры непосредственно в активной зоне, что потребовало решения специальных инженерных вопросов. Их проектирование проводилось, начиная с 1956 года, в НИИ-8 (НИКИЭТ). НИКИЭТ образовался на основе НИИ химического машиностроения. Во главе НИИ химического машиностроения и НИКИЭТ стоял выдающийся конструктор отечественных ядерных реакторов, один из создателей ядерной программы СССР академик Н.А. Доллежаль. Основной проблемой разработки была необходимость существенного увеличения теплового КПД ядерных реакторов по сравнению с созданными к тому времени про-

мышленными реакторами. Первый энергоблок Белоярской АЭС с электрической мощностью 100 МВт был введен в эксплуатацию в апреле 1964 года, а в декабре 1967 года был введен в эксплуатацию второй энергоблок этого типа с электрической мощностью 150 МВт. Эти энергоблоки работали в течение длительного времени. Первый энергоблок Белоярской АЭС был закрыт 1 января 1983 года и произвел к тому времени 14,5 ТВт·час электроэнергии. Второй энергоблок Белоярской АЭС был закрыт 1 января 1990 года и произвел за время своей работы 22 ТВт·час электроэнергии. Разработка и эксплуатация двух первых энергоблоков Белоярской АЭС предоставили уникальный опыт для дальнейшего развития ядерной энергетики СССР.

Это направление не получило дальнейшего развития и было лишь повторено в измененном виде в четырех реакторных установках Билибинской АЭС с электрической мощностью блоков 12 МВт. В конструктивной схеме реактора использованы естественная циркуляция теплоносителя в первом контуре и выработка в каналах активной зоны насыщенного пара.

Билибинская АЭС, действующая в условиях Крайнего Севера, одновременно производит электроэнергию и тепло, то есть является атомной теплоэлектроцентралью (ТЭЦ). Ее энергоблоки входили в эксплуатацию в период с 1974 по 1977 год, и они действуют до настоящего времени. Общая выработка электроэнергии на Билибинской АЭС составила за время ее эксплуатации на 2000 год 6,5 ТВт·час.

2.2. Атомные электростанции с водографитовыми реакторами

Промышленное развитие водографитовых реакторов в электроэнергетике пошло по конструктивной линии РБМК – канальных реакторов большой мощности. Поступательный прогресс в их конструкции был реализован в целом ряде модификаций реакторной установки. Изменения были связаны с модернизацией трубопроводной системы первого контура, его гидравлических характеристик, эксплуатационных процедур и управления реакторной установки, компоновочно-строительными решениями для упрощения монтажа. Далее последовала серия изменений, связанных с последовательным усилением систем аварийного охлаждения и локализации аварий при введении новых правил по безопасности АЭС.

Разработку реактора РБМК-1000 возглавлял Н.А. Доллежал. Научное руководство проектом осуществляли А.П. Александров и С.М. Фейнберг. Эти реакторы явились одной из основ ядерной энергетики СССР. Они входят в состав всех четырех энергоблоков Ленинградской АЭС, четырех энергоблоков Курской АЭС, трех энергоблоков Смоленской АЭС. Все эти энергоблоки действуют в настоящее время. Кроме того, они входили в состав четырех энергоблоков Чернобыльской АЭС, последний из которых был закрыт в декабре 2000 года. Два энергоблока повышенной мощности с реакторами РБМК-1500 входят в состав Игналинской АЭС (Литва), где они также действуют до настоящего времени.

Первая модификация реакторов РБМК-1000 была реализована по проекту 1968 года с доработками до пуска первого блока Ленинградской АЭС в 1973 году и изменениями, внесенными по результатам опыта его освоения. Вторую модификацию представляют первые два блока Курской и Чернобыльской АЭС, пущенные в 1975–1979 годах. Третья модификация – третий и четвертый блоки Ленинградской АЭС, пущенные в 1979–1981 годах, разработанные с учетом новых требований безопасности. Четвертая модификация – третий и четвертый блоки Курской, Чернобыльской и первые два блока Смоленской АЭС, пущенные в 1978–1983 годах. Основным отличием этой группы блоков является наличие в системе локализации аварий бассейна-барботера под реактором. Пятая модификация – третий блок Смоленской АЭС, имеющий наиболее плотные боксы локализации аварии и упрощенную конструкцию бассейна-барботера. Шестая модификация отличается от других повышенной электрической мощностью – по проекту 1500 МВт, на практике реализована мощность 1250 МВт (два блока Игналинской АЭС). Седьмая модификация – достраиваемый пятый блок Курской АЭС, в котором уменьшено количество графитового замедлителя в активной зоне, а также разработана новая система сброса парогазовой смеси из реакторного пространства в случае разрушения большой группы каналов.

Для реакторов РБМК характерна высокая степень «живучести», что достигается возможностью поканального контроля и регулирования каналов. Это позволяет своевременно обнаруживать нарушение режима в отдельных технологических каналах (их в реакторе 1700 штук), и отключать отдельные каналы, прежде чем опасные последствия разрушения распространятся на систему в целом.

Такие уязвимые узлы, как технологические каналы, расположенные в активной зоне реактора, можно заменять не только во время остановки реактора в период планово-предупредительного ремонта, но даже во время работы реактора, не останавливая его. В этом огромное преимущество РБМК по сравнению с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР), в которых замену ТВЭЛов можно производить только при полной остановке реактора, со снятием крышки реактора.

Общее количество электроэнергии, произведенное на 11 энергоблоках России с реакторами РБМК-1000, составило на 2001 год 1300 ТВт·час. Электроэнергетическая выработка реакторов РБМК-1000 на Украине составила 283 ТВт·час, а электрогенерация реакторов РБМК-1500 в Литве составила 190 ТВт·час.

Вариантом наиболее полной реализации общепринятых мер безопасности, включая создание внешней защитной оболочки, стал проект многопетлевого водо-графитового реактора МКЭР первоначально на электрическую мощность блока 800 МВт, затем – 1000 МВт. В нем была принципиально изменена схема циркуляции теплоносителя и удалось реализовать общепризнанную структуру барьеров безопасности, включающую защитную оболочку. Этот проект разрабатывался совместно НИКИЭТ и РНЦ «Курчатовский институт», в первую очередь для замещения выбывающих из эксплуатации первых блоков РБМК.

2.3. Развитие реакторов ВВЭР

Параллельно с развитием водографитовых реакторов в СССР шла разработка другого ядерно-энергетического проекта. Это так называемые реакторы на лёгкой воде – ВВЭР. В реакторах ВВЭР нейтроны замедляются водой, которая одновременно отводит тепло от топлива. В отличие от РБМК, легководные реакторы заключены в корпус, находящийся под давлением.

В 1957 году в США был пущен первый легководный реактор на станции Shippingport. Легководные реакторы, называемые по западной классификации LWR (в состав которых входят как реакторы под давлением – PWR, так и кипящие ядерные реакторы – BWR), с тех пор стали основой развития всей мировой ядерной энергетики. Все первые зарубежные реакторы были без бетонных защитных колпаков. Однако несколько позже реакторы PWR стали закрывать такими колпаками. Правильность этого подхода подтвердилась во время аварии на американской станции Three Mile Island в 1979 году. Защищённый колпак устоял при выбросе из реактора и тем самым предотвратил основной выход радиоактивных продуктов в окружающую среду.

Направление энергетических реакторов с водой под давлением – ВВЭР получило первичный импульс от разработки энергетической реакторной установки для подводной лодки, который представлял один из рассматривавшихся в этих целях типов ядерных реакторов. Идея схемы этого реактора была предложена в РНЦ «Курчатовский институт» С.М. Файнбергом. Начало работ над проектом реактора ВВЭР относится к 1954 году, а в 1955 году ОКБ «Гидропресс» приступило к его разработке. Научное руководство разработкой осуществляли И.В. Курчатов и А.П. Александров. Проектная мощность реактора составляла 210 МВт, и его сооружение было осуществлено на площадке Нововоронежской АЭС. Первый энергоблок с реактором ВВЭР-210 был сдан в эксплуатацию в конце 1964 года и был закрыт 16 февраля 1988 года, проработав 24 года. За это время его общая электрическая энергетическая выработка составила 33,7 ТВт·час.

В 1970 году вступил в эксплуатацию второй энергоблок Нововоронежской АЭС на основе реактора увеличенной мощности ВВЭР-365, который проработал до августа 1990 года и выработал за это время 50 ТВт·час электроэнергии. Дальнейшее совершенствование реакторов ВВЭР также проводилось ОКБ «Гидропресс», которым руководил главный конструктор В.В. Стекольников.

Можно выделить несколько определяющих этапов в развитии этого направления ядерных энергетических реакторов в Советском Союзе:

- разработка первого опытно-промышленного блока на Нововоронежской АЭС, которая завершилась пуском в 1964 году. Освоение и последующий опыт эксплуатации первого, затем второго блока подтвердили техническую осуществимость надежных промышленных энергоисточников на ядерном топливе;
- создание на базе этого опыта первого поколения серийных ВВЭР электрической мощностью 440 МВт (головной блок введен в 1971 году), продемонстрировавших высокую экономическую конкурентоспособность АЭС;
- создание второго поколения серии энергоблоков средней мощности ВВЭР-440, начавшееся разработкой реакторной установки для АЭС «Ловиииса» (Финляндия). Оно форсировало выполнение новых требований к безопасности советских АЭС на уровне международных. Второе поколение ВВЭР, к которому относятся и созданные позже ВВЭР-1000, обеспечило устойчивое функционирование ядерной энергетики в Советском Союзе (затем в России и на Украине), особенно в период после аварии на Чернобыльской АЭС, и продемонстрировало возможности России на международном рынке АЭС.

Первым реактором ВВЭР-440, введенным в эксплуатацию на территории России, был третий энергоблок Нововоронежской АЭС (июль 1972 года), а первым реактором ВВЭР-1000 – пятый энергоблок Нововоронежской АЭС (февраль 1981 года), которая явилась, таким образом, опытно-промышленной площадкой для внедрения в эксплуатацию различных типов реакторов ВВЭР. В настоящее время в России действуют четыре энергоблока ВВЭР-440 на Кольской АЭС, два энергоблока ВВЭР-440 и один энергоблок ВВЭР-1000 на Нововоронежской АЭС, два энергоблока ВВЭР-1000 на Калининской АЭС, четыре энергоблока ВВЭР-1000 на Балаковской АЭС и один энергоблок ВВЭР-1000 на Ростовской АЭС. Их общая электрическая энерговыработка на конец 2001 года составила 974 ТВт·час, из них около 40% электроэнергии выработали реакторы ВВЭР-440.

Широкое распространение реакторы ВВЭР получили на Украине. Здесь были построены два энергоблока ВВЭР-440 на Ровенской АЭС и 11 энергоблоков ВВЭР-1000 (один – на Ровенской АЭС, один – на Хмельницкой АЭС, три – на Южно-Украинской АЭС и шесть – на Запорожской АЭС). Все они в настоящее время работают и обеспечивают производство около 47% электроэнергии на Украине. Всего на конец 2001 года на этих реакторах было выработано 1030 ТВт·час электроэнергии, из которых на долю реакторов ВВЭР-440 приходится около 11% объема электроэнергии. Отметим, что один реактор ВВЭР-1000 – шестой энергоблок Запорожской АЭС – был подключен к электросети уже после распада СССР – в сентябре 1996 года.

Кроме России и Украины, реакторы ВВЭР на территории СССР были построены в Армении – два энергоблока ВВЭР-440 на Армянской АЭС. Они поступили в эксплуатацию в 1979–1980 годах, работали до 1989 года, и были остановлены в связи с разрушительным землетрясением в Армении. Впоследствии второй энергоблок был опять введен в эксплуатацию и действует в настоящее время. Общая выработка электроэнергии этими реакторами составила 60 ТВт·час.

Реакторы ВВЭР являлись и являются важным элементом экспорта ядерных энергетических технологий. В Болгарии в период с 1974 по 1982 год было введено в эксплуатацию четыре реактора ВВЭР-440, а в конце 1988 и 1993 годов – два реактора ВВЭР-1000. Все они входят в состав АЭС «Козлодуй». Доля ядерной энергетики в производство электроэнергии Болгарии составляет 45% (2000 год). В настоящее время два первых реактора ВВЭР-440 этой АЭС остановлены. Общая электроэнерговыработка этой АЭС на конец 2001 года составила 330 ТВт·час.

На территории Чешской республики действуют четыре реактора ВВЭР-440, входящих в состав АЭС «Дукованы» и сданных в эксплуатацию в 1985–1987 годах. Их общая электроэнерговыработка составила 201 ТВт·час. В настоящее время здесь также введен в действие первый энергоблок АЭС «Темелин» с реактором ВВЭР-1000.

На территории Словацкой республики действуют 6 реакторов ВВЭР-440. Из них 4 реактора, входящих в состав АЭС «Богуница», были сданы в эксплуатацию в 1980–1985 годах, а 2 реактора, входящие в состав АЭС «Моховце», были подключены к электросети в 1998 и 2000 годах. Доля

ядерной энергетики в производстве электроэнергии в Словакии составляет 53%. Общая электроэнергетическая выработка реакторов ВВЭР составила 237 ТВт·час.

С 1983 по 1987 год на территории Венгрии были построены четыре энергоблока АЭС «Пакш» с реакторами ВВЭР-440. Все они действуют в настоящее время и производят около 40% выработки электроэнергии Венгрии. Общая электроэнергетическая выработка этих реакторов составила 228 ТВт·час.

В 1977–1981 годах были сданы в эксплуатацию два реактора ВВЭР-440 АЭС «Ловиииса» в Финляндии. Они также действуют до настоящего времени, и их электроэнергетическая выработка составила 164 ТВт·час. Следует отметить, что в Финляндии действуют также два реактора ВВЭР с электрической мощностью 840 МВт, входящие в состав АЭС «Олкилуото». Хотя на долю ядерной энергетики Финляндии приходится 32% от общего объема производства электроэнергии, реакторы ВВЭР-440 вырабатывают из них 35%.

Первым опытом разработки ядерного реактора для зарубежной АЭС было создание реактора ВВЭР-2 для АЭС «Райнсберг» в ГДР. Этот реактор имел электрическую мощность в 70 МВт и был введен в эксплуатацию в 1966 году. В период с 1974 по 1989 год в ГДР было введено в действие пять энергоблоков АЭС «Грейфсвальд» на основе реакторов ВВЭР-440. Все они были остановлены в начале 1990 года после объединения Германии. Общая электроэнергетическая выработка реакторов ВВЭР в ГДР составила 142 ТВт·час.

В настоящее время ведутся работы по созданию энергоблоков АЭС на основе реакторов ВВЭР в КНР, Индии, Иране.

Разработано и начато сооружение энергоблоков ВВЭР третьего поколения, представляющих собой пример эволюционного развития. В этих проектах в большей мере развиты черты внутренней безопасности, включающие использование естественных факторов и процессов и пассивных технических средств.

Масштабы энергосистемы европейской части России и требование конкурентоспособности с электростанциями на органическом топливе (в том числе и на газе) обосновывают тенденцию увеличения мощности энергоблоков. Периодически делались концептуальные проектные проработки реакторных установок для энергоблоков ВВЭР электрической мощностью от 1300 до 2000 МВт. Уже в 1983 году рассматривались практические предложения по блоку 1500 МВт. В настоящее время разработана концепция энергоблока ВВЭР-1500, учитывающая особенности сегодняшнего дня, опирающаяся на возможности российской машиностроительной базы, и максимальным образом использующая опыт реализации ВВЭР-1000 и разработки энергоблоков третьего поколения. Возможно, что такой блок может стать одним из базовых энергоблоков ядерной энергетики России последующего десятилетия.

3. РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Количество урана в разведанных относительно богатых месторождениях оценивается примерно в 5–6 миллионов тонн, в потенциальных месторождениях – более 10 миллионов тонн. При доминирующей сегодня практике расходования урана в тепловых реакторах эти ресурсы могут быть исчерпаны до конца XXI века.

Физики быстро поняли этот недостаток реакторов на тепловых нейтронах, выросших из проблемы производства ядерного оружия. Энрико Ферми, который в 1942 году запустил первый в мире ядерный реактор, предложил построить для мирной ядерной энергетики принципиально новое устройство – реактор на быстрых нейтронах (БН). Его отличие от теплового реактора состоит в том, что в нем происходит расширенное воспроизводство горючего, то есть он потребляет ядерного топлива меньше, чем производит. Эффективность использования урана в атомной энергетике возрастет при этом в сотню раз.

Вместе с реактором на быстрых нейтронах должно работать производство по переработке отработанного (облученного) ядерного топлива, в том числе по выделению из ОЯТ плутония для его

повторного использования. В этом и состоит основное преимущество: полученный плутоний можно смешать с ураном и использовать в виде МОХ-топлива на АЭС. Получается эффективный и экономичный замкнутый ядерный цикл. Плутоний атомных станций с БН представляет серьезную угрозу режиму нераспространения ядерных материалов. Это обусловлено как высоким изотопным качеством нарабатываемого здесь плутония, так и требуемой масштабной переработкой ОЯТ и выделением плутония в больших количествах. Существенно также, что МОХ-топливо этих реакторов содержит плутоний в значительных количествах, и само может быть материалом для создания взрывных устройств. Для соблюдения режима нераспространения при масштабном развитии такой технологии требуются технологические и организационные барьеры, а также соответствующие политические договоренности.

Первый опытный реактор на быстрых нейтронах (EBR-1) появился в США в 1951 году.

Работы по созданию реактора на быстрых нейтронах начались в СССР в 1950 году. Создание экспериментальной базы для его разработки сопровождалось исследованиями по выбору теплоносителей для таких реакторов. В качестве теплоносителей рассматривались различные материалы: гелий, натрий, натрий-калий, ртуть, свинец, свинец-висмут.

В конце 1949 года А.И. Лейпунский предложил развернуть в Лаборатории «В» работы по исследованию возможностей реакторов на быстрых нейтронах. В 1952 году была начата разработка первого реактора этого типа БР-2 с ртутным теплоносителем и активной зоной на основе металлического плутония. Для отработки технологии создавалась также модель этого реактора БР-1. В 1955 году был создан БР-1, а в 1956 году – реактор БР-2 мощностью в 150 кВт. Эксперименты на БР-1 и БР-2 подтвердили возможность расширенного воспроизводства делящихся материалов в реакторах на быстрых нейтронах. Теплоноситель из ртути оказался неудачным, реактор БР-2 был демонтирован и вместо него в 1958 году был введен в действие реактор БР-5 с проектной мощностью в 5 МВт и натриевым теплоносителем. Создание этого реактора имело важное значение для получения необходимого опыта работ с реакторами, использующими натриевый теплоноситель.

По инициативе А.И. Лейпунского, было начато создание существенно более мощного реактора на быстрых нейтронах БОР-60. В качестве места сооружения этого реактора был выбран незадолго до этого созданный новый ядерный центр – НИИ атомных реакторов. Вместе с этим НИИ был построен и новый город – Димитровград (Ульяновская область). Реактор БОР-60 был принят в эксплуатацию в конце 1968 года. Этот реактор использовался для испытаний ТВЭЛов с различными видами топлива, материалов-поглотителей нейтронов, конструкционных материалов реакторов. Испытания ТВС на реакторе БОР-60 были важны для дальнейших работ по созданию реакторов на быстрых нейтронах, в частности, БН-600, что, собственно, и являлось первоначальной задачей его создания. Обоснование схемы реактора было выполнено ФЭИ.

В 1960 году были начаты работы по созданию первого опытно-промышленного реактора на быстрых нейтронах БН-350. Разработка принципиальных элементов схемы реактора проводилась ФЭИ, конструкторские работы проводились в ОКБМ, а проектные работы – во ВНИПИЭТ. Энергетический пуск реактора состоялся в 1973 году. В качестве места для размещения реактора был выбран город Шевченко Казахской ССР. В настоящее время реактор закрыт.

В 1963 году были начаты работы по созданию промышленного энергетического реактора на быстрых нейтронах БН-600. В качестве места для его размещения была выбрана площадка Белоярской АЭС. Этот реактор был выведен на проектный уровень мощности в конце 1981 года. Он успешно действует и в настоящее время, обеспечивая электроэнергией район Урала. Следует отметить, что реактор БН-600 использует для своей работы не МОХ-топливо, а урановое топливо с достаточно высоким содержанием U-235 (около 20%).

Накопленный опыт создания и эксплуатации реакторов БН-350 и БН-600 содействовал развитию дальнейшего проектирования реакторов на быстрых нейтронах. Эти усилия были направлены, с одной стороны, на модернизацию реактора БН-600 в целях создания серийной реакторной установки, а с другой стороны, на создание реактора на быстрых нейтронах существенно большей мощности. Эти работы привели к разработке проекта энергоблока БН-800, который предполагается построить на Белоярской АЭС, а с другой стороны, к исследованиям по проекту реактора БН-1600.

Сформировавшиеся в начале 60-х годов представления об ожидаемых темпах роста ядерной энергетики, способах обеспечения ее топливом и необходимых для этого показателях воспроизвод-

ства быстрых реакторов определяли направления оптимизации технических решений и параметров будущих установок. Обсуждалась возможность обеспечения времени удвоения топлива в реакторах-размножителях до 10 лет, что обуславливало необходимость большой энергонапряженности активной зоны. С учетом новых тенденций ядерной энергетики при существенном сокращении ожидаемых темпов ее роста эти требования были сняты. Уже на стадии эксплуатации первых опытно-промышленных установок БН-350 и БН-600 были продемонстрированы не только реальность создания, но и сравнительно высокие показатели надежности, безопасности и приемлемые экономические показатели быстрых реакторов. В новых проектах БН-800 и БН-1600 основной акцент был сделан на дальнейшее повышение уровня безопасности, самозащищенности и улучшение экономических характеристик.

С учетом важной роли реакторов-размножителей в будущей ядерной энергетике, с одной стороны, и приемлемости умеренных показателей воспроизводства в современных схемах реакторов, с другой, предполагается продолжить поиск оптимальных решений в технологии создания быстрых реакторов, вернувшись, в частности, к выбору наилучшего теплоносителя.

Поскольку в разработке ядерных установок подводных лодок была освоена технология реакторов, охлаждаемых сплавом свинец-висмут, то это дало толчок для изучения концепции свинцового теплоносителя.

Основным недостатком натрия является его химическая активность при взаимодействии с водой и воздухом. Лишенный этого недостатка свинец имеет свои проблемы: большую коррозионную активность по отношению к конструкционным материалам, высокую температуру плавления и большую плотность. Эти свойства теплоносителя неизбежно усложняют условия эксплуатации, снижают надежность установки и, следовательно, проявляются в ухудшении безопасности и экономических характеристик как при создании, так и при эксплуатации промышленных установок. Сегодняшнее сравнение реакторов на основе натриевого и свинцового теплоносителей имеет условный характер из-за несопоставимости уровня освоенности технологии. Сопоставление всех достоинств и недостатков может быть сделано лишь на базе крупного промышленного эксперимента.

4. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА СССР И РОССИИ

4.1. Атомные электростанции СССР

В СССР традиционная энергетика, основанная на использовании органического топлива, наиболее интенсивно развивалась в период с 1962 до 1985 года. В 1980–1985 годах опережающими темпами стала развиваться атомная энергетика. Преимущественное развитие атомной энергетики происходило на Украине. Ежегодный ввод новых мощностей на атомных станциях страны превышал 4 миллиона кВт. Основной прирост энергетических мощностей в Европейской части страны происходил за счет ввода атомных станций. В перспективе планировалось вводить ежегодно энергоблоки АЭС с общей мощностью до 10 миллионов кВт. Большинство атомных станций предполагалось построить силами Минэнерго страны. Атомные блоки строились по проектам, которые не были окончательно проработаны, что приводило к частичной переработке проектов уже в процессе строительства. Несмотря на то, что в одно и то же время вводились блоки одной и той же мощности, выполняемые по одним и тем же проектам, в результате вносимых изменений вводимые блоки не были идентичны.

Первые российские АЭС не в полной мере учитывали международный опыт по безопасности атомной энергетики. Постепенно технический уровень российских АЭС повышался. Так, например, при сооружении АЭС «Ловииса» были спроектированы блоки АЭС с реакторами типа ВВЭР-440 с защитной оболочкой.

На 1 января 1991 года в СССР на 15 АЭС работало 46 энергоблоков общей электрической мощность 36,6 ГВт. В 1990 году было выработано 211,5 миллиардов кВт·час электроэнергии, то есть 12,5% всей выработанной в СССР электроэнергии.

Основная часть выработки атомной электроэнергии в СССР приходилась на реакторы ВВЭР и РБМК, причем примерно в равных количествах.

Правительство СССР поддержало предложения Минсредмаша о развитии атомной энергетики за счет сооружения промышленных АЭС с реакторами на тепловых нейтронах ВВЭР и РБМК и в качестве опытных – АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.

В результате к апрелю 1986 года (Чернобыльская авария) были сооружены и строились реакторы ВВЭР на Нововоронежской, Кольской, Армянской, Южно-Украинской, Ровенской, Запорожской, Тверской, Балаковской и других АЭС, а также работали и находились в строительстве атомные энергоблоки с реакторами РБМК на Ленинградской, Курской, Чернобыльской, Смоленской, Игналинской и других АЭС. В строительстве также находились две атомные станции теплоснабжения для отопления жилых районов городов Горького и Воронежа.

Слабым звеном в российских проектах атомных станций была автоматизированная система управления технологическими процессами. На реакторах типа РБМК-1000 её, по существу, не было. Этот реактор не мог быть автоматизирован из-за отсутствия механизации приводов для нескольких тысяч регуляторов расхода воды в каналах. В эти годы стало сказываться общее отставание России в научных и инженерных разработках по электронике.

Разработками конструкций атомных реакторов и проектов атомных станций для атомной энергетики занимались ОКБ «Гидропресс» (г. Подольск, В.В. Стекольников), Научно-исследовательский институт энерготехники (НИКИЭТ, г. Москва, Н.А. Доллежал, Е.О. Адамов), Физико-энергетический институт (г. Обнинск, А.И. Лейпунский), ВНИПИЭТ (Санкт-Петербург) и два проектных института Минэнерго страны – Атомэнергопроект (Теплоэнергопроект) и Гидропроект (Москва).

Проектирование АЭС осуществлялось организациями, не знакомыми с атомными технологиями. Любое техническое решение проектные организации вынуждены были согласовывать друг с другом и с научным руководителем. Лишь после Чернобыльской аварии в 1986 году проектные институты частично вошли в состав Минатомэнерго, а затем в состав Минатома России.

Атомные станции с реакторами типа ВВЭР проектировал институт Атомэнергопроект, атомные станции с реакторами типа РБМК проектировал институт Гидропроект. Научное сопровождение проектов осуществлял Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, а Государственный надзор за проектными работами, строительством и эксплуатацией выполнял Государственный Комитет по надзору «Атомэнергонадзор».

Атомные блоки принимались в эксплуатацию с большим количеством недоделок, с сокращением программ испытаний, с нарушением технологических условий. Многие сценарии запроектных аварий, например, отрыв доннышка корпуса реактора, или разрыв самого реактора боялись рассматривать из-за последствий, считая их невозможными. Авария в Чернобыле произошла в момент проведения испытаний, которые были запланированы при пуске, но не были проведены. Если бы реактор в Чернобыле взорвался в период пуска, это нанесло бы ущерб существенно меньший, чем когда это случилось с реактором, накопившим много радиоактивных материалов.

В процессе эксплуатации АЭС Минэнерго страны отдавало приоритет не безопасности, а экономическим и техническим показателям работы станций.

В 1966 году был принят Государственный план строительства АЭС до 1977 года с общей мощностью 11,9 миллионов кВт.

В 1971 году была принята программа строительства АЭС до 1980 года, которая предусматривала повышение мощности АЭС до 26,8 миллионов кВт.

Программой развития атомной энергетики 1980 года предусматривалось доведение мощности АЭС в 1990 году до 100 миллионов кВт.

В 1982 году была принята программа строительства 143 атомных энергоблоков мощностью 440, 500, 1000 и 1500 МВт силами Минатома и Минэнерго.

Все действующие АЭС в России имеют общую мощность 22 ГВт, включают 30 энергоблоков, в том числе 14 энергоблоков с корпусными реакторами типа ВВЭР, (из них восемь блоков ВВЭР-1000 и шесть блоков ВВЭР-440), 15 энергоблоков с водографитовыми реакторами, (из них

11 блоков РБМК-1000 и 4 блока с реакторами ЭГП-6), и один блок с реактором на быстрых нейтронах БН-600.

Энергоблоки имеют ряд этапных модификаций. Среди энергоблоков с водо-водяными реакторами четыре блока относятся к первому поколению, пять блоков – ко второму и пять блоков – к третьему поколению. Среди энергоблоков с канальными реакторами – восемь блоков первого поколения, шесть блоков – второго и один блок – третьего поколения.

Энергоблоки третьего поколения по безопасности соответствуют требованиям современной нормативной документации, принятой в мировой практике, остальные блоки являются устаревающими блоками, эксплуатируются с многочисленными условиями, соблюдение которых должен обеспечивать персонал станций. Вследствие этого обслуживающий персонал станций превышает установленный норматив численности для аналогичных атомных электростанций за рубежом.

Большое число систем безопасности в проектах АЭС приводит к большим затратам средств и требует большего времени на строительство станции. Стоимость АЭС существенно превышает стоимость аналогичной по мощности тепловой станции на органическом топливе. Однако, благодаря низким эксплуатационным затратам, прежде всего на топливо, стоимость электроэнергии на атомных станциях ниже, чем на тепловых станциях. В последние годы благодаря внедрению компьютеризации, серийности возводимых блоков затраты на автоматику АЭС значительно снизились. Экономические исследования показывают, что затраты на капитальное строительство, топливо и эксплуатационные расходы распределяются в процентах для ТЭС и АЭС в соотношении 20+70+10% и 70+20+10% соответственно, и это обеспечивает для Европейской части России экономические преимущества АЭС.

Во второй половине 90-х годов атомная энергетика вырабатывала в среднем 12% электроэнергии по стране, в Центре страны (включая Москву) – 25%, на Северо-западе Центрального района – 50%, на Кольском полуострове – 70%, в Центрально-Черноземном районе – 80%, Северо-западе Чукотского автономного округа – 60% и обеспечивала 40% от поставок Россией электроэнергии на экспорт.

Для десяти российских АЭС с 30 энергетическими реакторами эксплуатирующей организацией является Концерн «Росэнергоатом». Четыре АЭС в Томске-7, Красноярске-26, Обнинске эксплуатировались персоналом тех предприятий, на территории которых они находятся.

Росту производства атомной электрической энергии способствовали такие факторы, как удорожание органического топлива и снижение его запасов, повышенная сернистость и зольность минерального топлива, удорожание добычи топлива и повышение уровня травматизма в угольной промышленности. Отказ от дальнейшего строительства целого ряда атомных станций (Татарская, Башкирская, Костромская, Ростовская, Краснодарская) произошел вследствие неуверенности местных органов власти в надежности атомной энергетике после аварии в Чернобыле.

Таблица 7.1. Атомные электростанции на территории бывшего СССР

Страна	Название АЭС	Номер блока	Тип реактора	Мощность, МВт (эл)	В эксплуатации с	Закрыт	Выработка, ГВт·лет (эл)
Россия	Балаковская	1	ВВЭР	950	28.12.85		9.23
		2	ВВЭР	950	08.10.87		8.19
		3	ВВЭР	950	24.12.88		8.05
		4	ВВЭР	950	22.01.93		6.05
	Белоярская	1	АМБ	102	26.04.1964	01.01.1983	1.65
		2	АМБ	146	01.12.1969	01.01.1990	2.51
		3	БН	560	01.04.1981		9
	Билибинская	1	ЭГП	11	11.01.1974		0.19
		2	ЭГП	11	01.12.1974		0.19
		3	ЭГП	11	01.12.1975		0.19
		4	ЭГП	11	01.12.1976		0.18

Страна	Название АЭС	Номер блока	Тип реактора	Мощность, МВт (эл)	В эксплуатации с	Закрыт	Выработка, ГВт-лет (эл)
Россия	Калининская	1	ВВЭР	950	09.05.1984		11.82
		2	ВВЭР	950	01.12.1986		10.46
	Кольская	1	ВВЭР	411	29.06.1973		7.95
		2	ВВЭР	411	09.12.1974		7.64
		3	ВВЭР	411	24.03.1981		6.32
		4	ВВЭР	411	06.12.1984		5.37
	Курская	1	РБМК	925	19.12.1976		12.96
		2	РБМК	925	01.03.1979		13.4
		3	РБМК	925	17.10.1983		12.25
		4	РБМК	925	02.12.1985		12.26
	Ленинградская	1	РБМК	925	23.12.1973		18.24
		2	РБМК	925	08.01.1976		17.76
		3	РБМК	925	30.12.1979		14.82
		4	РБМК	925	01.02.1981		14.03
	Нововоронежская	1	ВВЭР	197	30.09.1964	16.02.1988	3.85
		2	ВВЭР	336	14.04.1970	29.08.1990	5.7
		3	ВВЭР	385	01.12.1971		8.3
		4	ВВЭР	385	01.12.1972		8.98
		5	ВВЭР	950	01.09.1980		12.81
	Ростовская	1	ВВЭР	950	25.12.2001		-
	Смоленская	1	РБМК	925	09.12.1982		12.86
		2	РБМК	925	01.05.1985		12.3
		3	РБМК	925	01.01.1990		9.03
Украина	Запорожская	1	ВВЭР	950	01.12.1984		9.61
		2	ВВЭР	950	01.10.1985		9.94
		3	ВВЭР	950	01.12.1986		9.92
		4	ВВЭР	950	14.04.1988		9.98
		5	ВВЭР	950	01.09.1989		8.87
		6	ВВЭР	950	16.09.1996		5.02
	Ровенская	1	ВВЭР	381	01.12.1980		6.45
		2	ВВЭР	376	01.12.1981		6.36
		3	ВВЭР	950	01.12.1986		10.49
	Хмельницкая	1	ВВЭР	950	13.08.1988		9.66
	Чернобыльская	1	РБМК	725	01.09.1977	30.11.1996	11.1
		2	РБМК	925	01.12.1978	11.10.1991	8.67
		3	РБМК	925	01.12.1981	15.12.2000	11.19
		4	РБМК	925	01.12.1983	26.04.1986	1.4
	Южно-Украинская	1	ВВЭР	950	01.12.1982		12.1
		2	ВВЭР	950	01.01.1985		10.11
		3	ВВЭР	950	01.12.1989		8.9
Литва	Игналинская	1	РБМК	1185	01.05.1984		11.63
		2	РБМК	1185	20.08.1987		10.09
Армения	Армянская	1	ВВЭР	376	10.06.1979	25.02.1989	2.88
		2	ВВЭР	376	01.06.1980		3.97
Казахстан	Мангышлакская	1	БН	52	16.07.1973	22.04.1999	0.21

Таблица 7.2. Атомные электростанции на территории других государств, построенные при поддержке СССР и России

Страна	Название АЭС	Номер блока	Тип реактора	Мощность, МВт (эл)	В эксплуатации с	Закрыт	Выработка, ГВт·лет (эл)
Болгария	Козлодуй	1	ВВЭР	408	28.10.1974	31.12.2002	7
		2	ВВЭР	408	25.11.1975	31.12.2002	7.18
		3	ВВЭР	408	27.01.1981		5.96
		4	ВВЭР	408	30.06.1982		5.64
		5	ВВЭР	953	23.12.1988		6.61
		6	ВВЭР	953	30.12.1993		5.29
Венгрия	Пакш	1	ВВЭР	437	10.08.1983		7.24
		2	ВВЭР	441	14.11.1984		6.77
		3	ВВЭР	433	01.12.1986		6.08
		4	ВВЭР	444	01.11.1987		5.92
Германия	Рейнсберг	1	ВВЭР	62	11.10.1966	01.06.1990	1
	Грейфсвальд	1	ВВЭР	408	12.07.1974	14.02.1990	4.05
		2	ВВЭР	408	14.04.1975	14.02.1990	4.17
		3	ВВЭР	408	01.05.1978	28.02.1990	3.8
		4	ВВЭР	408	01.11.1979	22.07.1990	3.23
		5	ВВЭР	408	01.11.1989	24.11.1989	0
Словакия	Богунице	1	ВВЭР	408	04.04.1980		6.89
		2	ВВЭР	408	01.01.1981		6.85
		3	ВВЭР	408	14.02.1985		5.75
		4	ВВЭР	408	18.12.1985		5.58
	Моховце	1	ВВЭР	388	13.10.1998		0.98
		2	ВВЭР	388	11.04.2000		0.88
Финляндия	Ловииса	1	ВВЭР	488	09.05.1977		9.9
		2	ВВЭР	488	05.01.1981		8.79
Чехия	Дукованы	1	ВВЭР	412	03.05.1985		6.07
		2	ВВЭР	412	21.03.1986		5.82
		3	ВВЭР	412	20.12.1986		5.54
		4	ВВЭР	412	19.01.1987		5.51
	Темелин	1	ВВЭР	912	10.06.2002		-

Суммарная энерговыработка атомных электростанций, находящихся на территории бывшего Советского Союза, составила 443 ГВт·лет, а атомных электростанций, построенных на территории других государств при помощи СССР и России, – 149 ГВт·лет.

Проектирование и строительство новых АЭС в последние годы XX века происходило на основании Энергетической стратегии, одобренной Правительством России в 1994 году и в которой предусматривалось обеспечение замены выбывающих мощностей за счет строительства энергоблоков следующего поколения с повышенной безопасностью.

В планах работ по пуску новых энергоблоков на срок до 2005 года предусматривались работы по пуску первого блока Ростовской АЭС (реализовано в 2001 году), третьего блока Калининской АЭС, пятого блока Курской АЭС.

В условиях неопределенности программы ввода новых мощностей в России важное значение приобретала задача продления сроков эксплуатации действующих блоков АЭС.

Развитие атомной энергетики страны было обеспечено в прошлые годы добычей урана и производством обогащенного уранового топлива. С этой целью были построены цехи и расширены производства тепловыделяющих элементов на Машиностроительном заводе в г. Электросталь и за-

воде химконцентратов в Новосибирске. В качестве топлива для энергетических реакторов было предусмотрено использовать также энергетический плутоний. Для этого на комбинате «Маяк» в Челябинске-40 строился «комплекс 300» для изготовления МОХ-топлива. Его производительность планировалась равной 30 тоннам топлива в год, что было достаточно для начала промышленного внедрения. Это топливо предполагалось использовать в реакторе БН-800 Белоярской АЭС.

Начиная с 50-х годов сформировалась научная и опытно-промышленная база по развитию работ, связанных с вовлечением плутония в ядерную энергетику. На опытных установках ПО «Маяк» было изготовлено ядерное топливо для исследовательских реакторов БР-5, ИБР-2, ИБР-30, БОР-60. В опытном реакторе БОР-60 активная зона использует топливо с энергетическим плутонием.

Работ по использованию плутония в легководных реакторах до последнего времени в России не велось. Действующие установки «Пакет» и «Гранат» на комбинате «Маяк» предназначались для работ с низкофоновым оружейным плутонием для изготовления ТВЭЛов для быстрых реакторов с небольшим объемом около тонны топлива в год.

В связи с задачами утилизации излишков оружейного плутония и использования выделенного при переработке ОЯТ энергетического плутония эти работы становятся высокоприоритетными.

Повышение безопасности действующих атомных станций всех поколений в ближайшие годы обеспечивается путем реконструкции автоматизированных систем управления производственными процессами, разработкой стратегии действий при запроектных авариях, усилением внимания к диагностике исправности оборудования, внедрением дополнительных систем безопасности.

Производственный потенциал предприятий Минатома позволяет развивать ядерную энергетику России, оказывать услуги странам ближнего и дальнего зарубежья по развитию национальных ядерных энергетических программ.

4.2 Место атомной энергетики в топливно-энергетическом балансе

В структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ) и электроэнергетики мира преобладают, соответственно, нефть и уголь. В мировом ТЭБ газ занимает третье место после угля, а в структуре электроэнергетики газ находится на предпоследнем месте, опережая только нефть и уступая остальным видам энергоносителей, включая атомную энергетику.

Таблица 7.3. Структура топливно-энергетического баланса и электроэнергетики по видам энергоносителей (данные 1998 года)

Энергоноситель	Мир		Россия	
	ТЭБ, %	Электроэнергетика, %	ТЭБ, %	Электроэнергетика, %
Нефть	40	9	31	7
Уголь	25	37	12	20
Газ	22	16	50	40
Гидроэнергия	7	20	4	19
Атомная энергия	6	17	3	13
Всего	100	100	100	100

Примечание. В значения для гидроэнергии включены другие возобновляемые источники энергии.

В России сложилась уникальная ситуация: газ доминирует как в ТЭБ, так и в электроэнергетике. Атомная энергетика России занимает сравнительно скромное место в производстве электроэнергии по сравнению со среднемировыми показателями.

Факторы, определяющие долгосрочные перспективы развития атомной энергетики России, делятся на три группы: стратегические, экономические и экологические.

К стратегическим факторам в пользу развития атомной энергетики относятся, во-первых, необходимость диверсификации производства электроэнергии по видам энергоносителей, учитывая отсутствие альтернативы атомной энергетики на момент окончания «газовой паузы» (примерно

2030 год); во-вторых, преимущества использования ядерного топлива: практически неограниченные ресурсы ядерного топлива в перспективе с учетом возможностей замыкания топливного цикла.

К экономическим факторам в пользу развития атомной энергетики относятся обеспечение надежности энергоснабжения России; конкурентоспособность АЭС по сравнению с ТЭС; увеличение экспорта электроэнергии за счет АЭС.

К экологическим преимуществам атомной энергетики относится, прежде всего, отсутствие у АЭС выбросов продуктов сгорания, включая парниковые газы, с учетом международных рекомендаций по ограничению их эмиссий (для России на уровне 1990 года).

Атомные станции наряду с электростанциями РАО «ЕЭС России» являются производственной основой Единой энергетической системы (ЕЭС) России. Мощные и экономичные атомные электростанции играют важнейшую роль в составе ЕЭС России, выполняя системообразующие функции:

- определяют структуру высоковольтных ЛЭП европейской части России;
- обеспечивают параллельную работу энергоисточников, размещаясь в узловых точках высоковольтной сети;
- будучи расположены недалеко от границ европейской части России, фактически обеспечивают экспорт электроэнергии с оптового рынка по высоковольтным сетям в Финляндию, страны СНГ (Белоруссия, Украина) и Балтии.

Атомно-энергетический сектор ЕЭС России представляет на федеральном оптовом рынке энергии и мощности (ФОРЭМ) государственную форму собственности и поставляет на этот рынок следующую продукцию и услуги:

- электрическую энергию (мощность) от атомных электростанций;
- услуги по развитию и обеспечению безопасного функционирования АЭС.

Для выполнения этих задач основными приоритетами деятельности эксплуатирующих организаций АЭС являются безопасное производство электроэнергии, повышение конкурентоспособности АЭС и обеспечение развития атомной энергетики.

В соответствии с Основными направлениями энергетической политики Российской Федерации на период до 2010 года часть потребности страны в электроэнергии должна покрываться атомными станциями в масштабах, определяемых параметрами развития экономики и условиями формирования топливно-энергетического баланса страны и ее регионов при безусловном обеспечении экологической безопасности использования атомных источников энергии.

Надежная поставка электроэнергии в ЕЭС России невозможна без обеспечения на необходимом уровне безопасности действующих АЭС и максимально возможного доведения их технического состояния до требований современных норм и правил по безопасности. Выполнение этих условий является важнейшим аспектом деятельности эксплуатирующей организации АЭС – Российского государственного концерна «Росэнергоатом».

По принятому в мире показателю для оценки надежности работы АЭС – количеству остановов энергоблоков в пересчете на один энергоблок – Россия уступает только Японии и Германии.

Газоаэрозольные радиоактивные выбросы на АЭС России значительно ниже установленных в мире норм. Фактические значения жидких сбросов не превышают 40 процентов от величины допустимых сбросов. Радиоактивные выбросы и сбросы создают дозу для населения не более 2 процентов от дозы, обусловленной природным радиоактивным фоном.

5. НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

5.1. Малая ядерная энергетика

Развитие ядерной энергетики в нашей стране имело самостоятельную линию малой ядерной энергетики. Внимание к ней определялось специфическими территориально-климатическими усло-

виями страны и в период интенсивного поиска применения атомной энергии сопровождалось изучением и созданием разнообразных установок.

На стадии технического поиска в период до 1960 года было выполнено около 20 проектов малых АЭС в различных модификациях: на железнодорожных платформах, плавучих средствах, гусеничном ходу и блочно-транспортных. Три проекта были реализованы. В 1961 году пущен в эксплуатацию демонстрационный полномасштабный прототип крупноблочной транспортируемой АЭС, размещенной на четырех самоходных гусеничных платформах (электрическая мощность 1,5 МВт при тепловой мощности 11 МВт).

В 1963 году в НИИАР была создана для перспективного использования в Антарктиде и районах Крайнего Севера энергетическая установка электрической мощностью 750 кВт с реактором, в котором теплоносителем и замедлителем служит высококипящая органическая жидкость. Установка АРБУС состояла из отдельных блоков, которые могли быть быстро доставлены в необходимое место, смонтированы и пущены в эксплуатацию. При освоении установки были опробованы различные теплоносители, выбран оптимальный вариант, отработана технология очистки активной зоны от продуктов коксования теплоносителя. В ходе строительства и эксплуатации установки проверялась ее работа в различных режимах, вырабатывались требования к эксплуатации подобных установок, проводилось обучение персонала, отработывались меры безопасности.

По схеме стационарной атомной теплоэлектроцентрали была создана Билибинская АТЭЦ с четырьмя блоками электрической мощностью по 12 МВт. Технологическая схема Билибинской АТЭЦ была упрощена (без перегрева пара и с естественной циркуляцией теплоносителя), что позволило обеспечить надежное энергоснабжение изолированной энергосистемы.

Проводившиеся в последние годы многочисленные технико-экономические исследования, разработки новых конструктивных разновидностей ядерных реакторов для малой энергетики не продвинули распространение ядерных энергоисточников в этот, казалось бы, очевидный сектор потребителей. Анализируя причины торможения, был сделан вывод, что они находятся в области организации инфраструктуры, эксплуатации и обслуживания, ответственности и владения ядерными установками, требующими высокой квалификации и формирующими особые требования безопасности, а не в области принципиальных научно-технических и конструкторских решений.

Значение малой ядерной энергетики для России очевидно, если напомнить: наша энергетическая система с линиями электропередачи охватывает лишь 15% территории страны. За ее пределами остается масса поселков и городов, которые живут на привозном топливе.

Хотя проектов малой ядерной энергетики существует немало, число действующих объектов в России пока ограничено Билибинской АЭС, спроектированной в ФЭИ. Ее четыре блока давно дают и тепло, и электроэнергию.

Реактор для малой АЭС должен быть достаточно компактным, позволяющим доставить его на место эксплуатации с помощью обычных транспортных средств: по железной дороге, автомобилем, водным путем. Для этого его можно разработать состоящим из небольших блоков, которые будут изготавливаться в заводских условиях, а на месте их соберут воедино и запустят реактор. Такие реакторы можно располагать в штольнях, в вырубках скал.

Важным направлением развития малой атомной энергетики являются плавучие АЭС.

Проектом атомной теплоэлектростанции (АТЭС) малой мощности на базе плавучего энергоблока (ПЭБ) с двумя реакторными установками КЛТ-40С вплотную занялись с 1994 года. К тому времени проект плавучей АЭС был наиболее проработан, а используемая в нем реакторная установка являлась усовершенствованной модификацией реактора, широко используемого в отечественном ледокольном флоте.

Помимо ПЭБа, в состав АТЭС малой мощности входят гидротехнические сооружения для установки ПЭБа у берега и береговые сооружения и устройства, обеспечивающие распределение и передачу электрической и тепловой энергии потребителям. При суммарной тепловой мощности реакторов 300 МВт энергоблок способен выдавать 70 МВт электрической мощности. Атомная теплоэлектростанция имеет два назначения: она способна обеспечить не только электричеством, но и теплом город с населением 15000–20000 человек. Для этого достаточно предусмотреть теплотрассу и специальный пирс со стандартной системой коммуникаций.

Технико-экономические проработки, сделанные для четырех российских регионов: Чукотки, Приморского и Хабаровского краев и Магаданской области, показали, что наиболее перспективной площадкой для размещения первой АТЭС малой мощности мог быть город Певек.

Преимущества плавучей АТЭС перед стационарной, стоящей на берегу, очевидны. Поскольку перспективным регионом использования плавучей АЭС являются территории за Полярным кругом, то строительство стационарной АТЭС в условиях вечной мерзлоты, отсутствия дорог и энергии обойдется намного дороже. Осадка судна-носителя составляет 5,6 м, что дает возможность его прохождения в реки и водоемы с глубиной фарватера свыше 9 м.

ПЭБ рассчитан на любую аварию, даже на затопление с перевертыванием корабля. Для его физической защиты предусмотрен охранный периметр, проходящий как по берегу, так и под водой. Проект плавучей АЭС соответствует всем современным требованиям безопасности, как российским, так и международным.

Плавучий вариант энергоустановки полностью решает проблему ядерной безопасности для сейсмически активных районов. Проведенные испытания на сейсмичность показали, что для ПЭБа не страшно землетрясение силой девять баллов. Поскольку ПЭБ относится к судам ледокольного класса, то ему не опасны льды и торосы, если таковые окажутся в зоне расположения.

Срок службы плавучего энергоблока составляет 40 лет, но через каждые 12 лет ПЭБ должен возвращаться на завод для прохождения капитального ремонта, выгрузки отработанного ядерного топлива, находящегося на борту в специальном хранилище.

Интерес к плавучей АЭС проявила республика Индонезия: имея территорию, состоящую из тысячи островов, связать ее в единую энергосистему невозможно. Интерес к этому виду ядерной энергетики проявила и КНР. Работа с зарубежными заказчиками тормозится одним фактором: они требуют наличия функционирующего демонстрационного образца, то есть действующей АТЭС.

Перспективным является использование ПЭБа в качестве энергоисточника для опреснения морской воды. Данный тип установки после пятилетних исследований по проблеме опреснения морской воды с помощью ядерных установок был рекомендован МАГАТЭ.

Работы по созданию опреснительных комплексов с применением ПЭБ привлекают внимание зарубежных компаний. Большой интерес к этой проблеме появился в последние годы у ведущих энергомашиностроительных компаний США и Южной Кореи.

Реализация проекта в районе Певека имеет большое значение для оптимального решения энергообеспечения региона, включая дальнейшую судьбу Билибинской АЭС. Вариант ее расширения блоками повышенной мощности того же типа потерял перспективу, и в первую очередь вследствие неопределенности будущего экономического развития района. Нельзя считать, и что опыт Билибинской АЭС подтвердил экономическую целесообразность создания в изолированном северном районе атомной станции по модели стационарной установки со строительством на месте.

Центральная задача развития малой ядерной энергетики – демонстрация достоинств и приемлемости для потребителя любого варианта автономного ядерного энергоисточника.

5.2. Атомные станции теплоснабжения

Первоначальный период развития ядерной энергетики характеризовался разнообразием направлений. В результате этого был создан мощный научно-технический потенциал отрасли. Спектр создававшихся реакторов был широк. Некоторые объекты начинали сооружаться, но не были реализованы, другие реакторные системы остались в единичных опытных или опытно-промышленных экземплярах. В некоторых случаях возникли специфические конструктивные направления, прекратившие, однако, дальнейшее развитие.

В единственном экземпляре работает корпусной легководный реактор ВК-50 с естественной циркуляцией кипящего теплоносителя, введенный в эксплуатацию в 1965 году. Это направление не заняло места в большой ядерной энергетике, где доминировали ВВЭР и РБМК, однако научно-технический опыт и технологические решения ВК-50 были использованы при создании РБМК, а позже послужили отправной точкой при разработке установок для централизованного теплоснабжения АСТ. Эта установка была создана в НИИАР для изучения вопросов, связанных с работой кипящего реактора с непосредственной подачей насыщенного пара из реактора на турбину АЭС. Проектная мощность установки составляла 140 МВт, но в результате выявления резервов и модернизации она была увеличена до 250 МВт.

Создание атомных станций теплоснабжения стало специфическим этапом в ядерной энергетике. Его содержанием стала разработка качественно новых подходов в обеспечении безопасности атомных станций и создание на базе этих подходов ядерной установки для теплоснабжения круп-

ных жилых агломераций. В конце 80-х годов сооружение двух таких станций было близко к завершению под Нижним Новгородом и Воронежем, но волна антиядерных настроений остановила их строительство. Парадоксальность ситуации состоит в том, что использованные в этих проектах свойства самозащищенности реактора и пассивные системы и средства безопасности составляют сегодня основу безопасности новых поколений станций следующего столетия во всем мире. Детальное изучение этого проекта экспертами из 13 стран в 1988 году подтвердило высокую безопасность установки. Общая концепция АСТ была разработана в 1975–1978 годах, и первоначальный срок пуска блоков был ориентирован на 1985 год.

Опыт создания АСТ был использован при разработке интегрального варианта ВВЭР для АЭС средней мощности – ВПБР-600. При этом была использована логика сооружения второго (страхующего) корпуса применительно к параметрам энергетического реактора. Такое «прямое» распространение логики безопасности АСТ, работающей при низких параметрах теплоносителя, пока осталось нереализованным.

5.3. Разработка ЯЭУ для космических аппаратов

В начале 1952 года в Лаборатории № 2 начались исследования проекта создания самолета с ядерным двигателем. Исследования, которыми руководили И.В. Курчатов, А.П. Александров и А.Н. Туполев, показали принципиальную осуществимость подобного проекта. Самолет с ядерным двигателем на основе реакторной установки мог обладать неограниченной дальностью и временем полета.

Естественным развитием этих работ явилось рассмотрение вопросов создания ядерного ракетного двигателя. У истоков этого проекта в СССР стояли И.В. Курчатов, М.В. Келдыш и С.П. Королев. В этом случае исключительно важное значение имело достижение максимальных уровней разогрева активной зоны реактора, что требовало создания ТВЭЛов, работающих при температурах, близких к 3000 градусов. Для экспериментальных исследований в этих целях был создан импульсный графитовый реактор (ИГР-1), работавший с 1960 года на Семипалатинском полигоне. В экспериментах на этом реакторе были выполнены испытания различных видов ТВЭЛов, которые обеспечили нагрев теплоносителя (водород) до 3100°K. Эти работы были продолжены на следующем реакторе ИВГ-1, которые подтвердили принципиальную возможность создания ядерного ракетного двигателя. Этот уникальный реактор был разработан НИКИЭТ, ТВЭЛы и ТВС для него были созданы в НПО «Луч», а научное руководство при разработке и эксплуатации реактора осуществлял РНЦ «Курчатовский институт». Этот реактор использовался для изучения проблемы ядерного ракетного двигателя в период с 1975 по 1985 год. Отметим, что в США проводились аналогичные работы в рамках проектов Pluto и NERVA. Актуальность работ определялась тем, что пилотируемые полеты к другим планетам Солнечной системы, прежде всего к Марсу, были практически невозможны при использовании ракетных двигателей на основе химических составов.

После начала полетов в околоземное космическое пространство возникла задача энергообеспечения космических аппаратов различных типов. Одним из основных направлений этого развития были батареи на солнечной энергии, другим направлением – ядерные источники энергии. В этом плане проводились различные исследования и реализовывались различные проекты. К ним, в частности, относилась разработка компактных ядерных реакторов с термоэлектрическими полупроводниковыми преобразователями, реакторов-преобразователей с термоэмиссионными элементами, объединение ядерных реакторов с электрореактивными двигателями и создание на этой основе ядерных электрореактивных двигателей. Эти исследования проводились в различных институтах МСМ, прежде всего, в РНЦ «Курчатовский институт», ГНЦ «ФЭИ», НПО «Луч» и НИКИЭТ.

Разработка реакторных ядерно-энергетических установок для космических аппаратов проводилась в условиях жестких габаритно-массовых ограничений и особых требований к режимам эксплуатации. Особенностью установок была возможность осуществления теплоотвода в космос только за счет потока излучения. Существенными факторами были высокие требования по надежности, действия перегрузок при выводе установок на орбиту и отсутствии действия гравитации на орбите, а также условия ядерной и радиационной безопасности, в том числе в условиях возможных аварий при космических пусках.

В конце 60-х годов были проведены орбитальные испытания космической ядерной энергетической установки с термоэлектрическим преобразованием энергии с электрической мощностью 3

кВт. Основой установки был реактор на быстрых нейтронах с массой около одной тонны. С 1975 года ядерно-энергетическая установка этого типа серийно производилась на НПО «Красная Звезда» для спутников «Космос».

НПО «Красная Звезда» было организовано в 1972 году на базе двух предприятий: КБ «Красная Звезда» Минавиапрома и ОКБ «Заря» МСМ.

ГП «Красная звезда» создавалось как головной разработчик ядерных энергетических установок (ЯЭУ) космического назначения. Достижением предприятия явились установки «Бук» и «Топаз».

Важным направлением развития ядерно-энергетических установок стало создание космической установки «Топаз» на основе термоэмиссионного реактора-преобразователя. Это была новая сложная задача, решение которой позволило объединить функции ядерного реактора и генератора электрической энергии в рамках одной технологической системы. Концепция этой космической энергетической системы была выработана в ГНЦ «ФЭИ», где также проводилась отработка основных научно-технических вопросов создания и работы установки. В этих целях в ГНЦ «ФЭИ» был, в частности, создан специальный экспериментальный комплекс, который позволил изучить работу установки в условиях, моделирующих условия в космосе. Первое применение космической энергетической установки этого типа было осуществлено на спутнике Космос в 1987 году. При массе установки несколько более тонны она обеспечивала для потребления электрическую мощность в 6 кВт.

Важным направлением работ было создание источников тепла и электроэнергии на основе изотопных ядерно-энергетических установок. Эти работы были начаты в 1962 году. Их достоинством является относительная простота и возможность использования в космических полетах различной сложности и длительности. Для создания подобных установок потребовалось создание специальных тепловыделяющих материалов, генераторов тепла и электроэнергии на их основе. Разработка изотопных энергетических источников для космических целей была начата в ОКБ «Заря», а в качестве первого радиоактивного источника энергии рассматривался Po-210. В 1965 году два изотопных электрогенератора на основе полония успешно работали на спутнике Космос. В 1970 году они использовались для энергообеспечения самоходного аппарата «Луноход-1».

В настоящее время ведется отработка и создание космических ядерных энергетических установок следующего поколения. Ранее созданные установки – «Бук» и «Топаз» – имели уровень мощности 3–10 кВт и ресурс работы от 3 месяцев до одного года. Создан практический задел по созданию установок мощностью до 100 кВт и с ресурсом работы от 5 до 10 лет. Получены конкретные результаты по отработке основного элемента генерирующего канала, который обеспечивает производство электроэнергии, а также отдельных узлов реактора.

Применение ядерных энергоустановок в космосе в соответствии с принятой идеологией предусматривает их использование только в тех сферах, где нет возможности решить задачу с помощью других источников энергии. Главным источником энергии в космосе на околоземных орбитах сегодня являются солнечные элементы, мощность которых за последнее время значительно выросла. Если еще несколько лет назад разработчики ЯЭУ ориентировались на уровень мощности 20 кВт, то сегодня такой уровень планируется обеспечивать солнечными источниками энергии. Радиоизотопные источники питания, конечно, также используются, но они из-за малой мощности имеют достаточно специфическую область применения.

В то же время для полетов в дальний космос использование ЯЭУ практически не имеет альтернативы. Для таких масштабных проектов, как, например, экспедиция на Марс, преимущество использования ядерной энергетики не вызывает сомнений. Причем ЯЭУ может служить не только источником энергии для жизнеобеспечения экипажа и питания аппаратуры, но и средством, обеспечивающим движение, в том числе с помощью ядерного ракетного двигателя. В соответствии с современными представлениями это может быть транспортно-энергетический модуль, обеспечивающий вывод аппарата на орбиту или возможность смены орбиты. Такая двухрежимная установка с уровнем мощности около 100 кВт обеспечит вывод космического корабля на рабочую орбиту, а на орбите обеспечит энергопитание на более низком уровне мощности.

6. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

6.1. Мировое энергопроизводство и роль ядерной энергетики

Объективное значение ядерной энергетики и перспективы ее развития в целом определяются ее вкладом в мировое производство энергии (энергопотребление) и потенциальными возможностями увеличения этого вклада.

В настоящее время объем ежегодного производства первичных источников энергии составляет 9,6 миллиардов тонн нефтяного эквивалента. Одна тонна нефтяного эквивалента (т н.э.) равна 9,8.106 ккал = 41 ГДж = 11,4 МВт·час. В таблице 7.4 приведено распределение долей вкладов в общее производство энергии основных видов первичных источников энергии.

Таблица 7.4. Доля основных видов первичных источников энергии в мировом производстве энергии

Источник энергии	Нефть	Газ	Уголь	Гидроэнергия	Ядерная энергия	Прочие	Всего
Доля, %	37	20	25	6	6	6	100

Основной вклад (около 80%) в производство энергии дают три вида органического топлива: нефть, газ и уголь, а ключевую роль в мировом производстве энергии по-прежнему играет нефть. Вклад ядерной энергии весьма невелик, и оценивается в 6% от мирового производства первичных источников энергии. Этот основной показатель говорит о том, что в общемировом масштабе производства энергии (потребления энергии) роль ядерной энергетики незначительна, и при некоторой структурной перестройке мир в целом вполне мог бы обойтись без этого источника энергии.

Таблица 7.5. Основные производители первичных источников энергии

Государство	Производство энергии, млрд. т н.э.	Доля ядерной энергии, %
США	1,87	11,9
Россия	1,01	3,5
КНР	0,95	0,51
Саудовская Аравия	0,52	0
Канада	0,44	5,2
Великобритания	0,29	9,4
Иран	0,245	0
Индия	0,24	2,3
Норвегия	0,24	–
Венесуэла	0,225	–
Всего	6,03	5,2

Основные десять энергопроизводителей производят 63% мирового производства первичных источников энергии. При этом доля ядерной энергии не превышает у них 12% от общего объема производства энергии, а в среднем она составляет 5,2%. К государствам, для которых вклад ядерной энергетики в производство энергии составляет около 10%, относятся только США и Великобритания. Следует отметить, что территория основных 10 производителей энергии составляет 40,7% от общей территории, занимаемой государствами планеты (исключая Антарктиду), и в них проживает 48% от общей численности населения.

Основные десять потребителей энергии потребляют 64,5% первичных источников энергии. При этом доля ядерной энергии для ряда государств превышает 10% от общего объема энергопо-

ребления, а ее среднее значение составляет 9,2%. К государствам этого типа, в которых роль ядерной энергетики в объеме энергопотребления достаточно велика, относятся, прежде всего, Франция, а также Япония и Германия. При этом Германия взяла официальный курс на сворачивание своей ядерной энергетики. Следует отметить, что территория основных десяти энергопотребителей составляет 38,1% от общей территории, занимаемой государствами планеты (исключая Антарктиду), и в них проживает 51,5% от общей численности населения.

Таблица 7.6. Основные потребители первичных источников энергии

Государство	Энергопотребление, млрд. т н.э.	Доля ядерной энергии, %
США	2,39	9,3
КНР	0,94	0,51
Россия	0,66	5,3
Япония	0,545	16,6
Германия	365	13,1
Канада	0,31	7,3
Индия	0,295	19
Великобритания	0,255	10,7
Франция	0,25	47
Италия	0,195	0
Всего	6,2	9,2

Таким образом, к ключевым энергопроизводящим и энергопотребляющим странам, у которых существуют достаточно серьезные, исторически сложившиеся связи с развитием ядерной энергетики, относятся Франция, Япония, США и Великобритания.

Значительно выше роль ядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии, поскольку практически все ядерное энергопроизводство направлено на эти цели. Мировое производство электроэнергии составляет 12800 ТВт·час (важное значение производства электроэнергии следует, в частности, из того, что на него расходуется около 37% общего производства первичных источников энергии).

Вклад ядерной энергетики в производство электроэнергии равен 19% (2490 ТВт·час). Примерно такую же роль в производстве электроэнергии играет гидроэнергия, а 65% электроэнергии производится за счет сжигания органических энергоносителей.

Из 20 основных производителей электроэнергии в мире 17 имеют ядерные реакторы для ее производства. Все вместе они производят 94% электроэнергии, вырабатываемой ядерными реакторами мира; доля ядерной энергетики в объемах производства электроэнергии этих стран колеблется от 1% до 80%, составляя в среднем 21,3%. Эти данные говорят о том, что в таком принципиальном энергетическом секторе, как производство электроэнергии, ядерная энергетика стала хотя и не определяющим, но весьма существенным фактором.

В таблице 7.7 приведены характеристики, определяющие «рейтинг» ядерной энергетики в производстве электроэнергии различных государств (на основании базы данных МАГАТЭ на 2001 год).

Ядерная энергетика получила развитие в 31 государстве, которые производят 82,5% мирового объема электроэнергии. При этом в среднем для этой категории стран 23% их производства электроэнергии дает ядерная энергетика. При этом в 20 государствах вклад ядерной энергетики в электроэнергию составляет более 20%, а в 15 государствах – более 30%. Такие страны, как Южная Корея, КНР, Индия, Россия, имеют обширные программы развития ядерно-энергетических мощностей. В последние годы существенно возросла ядерная энергетика Словакии, расширение ядерной энергетики планирует Финляндия. В число ядерно-энергетических стран вступает Иран.

Таким образом, для многих государств ядерная энергетика является мощным фактором в их обеспечении электроэнергией.

Таблица 7.7. Доля ядерной энергетики в производстве электроэнергии различных государств

Государство	Действующие ядерные реакторы на конец 2001 года	Электрическая мощность ядерных реакторов, ГВт	Электрическая энерговыработка, ТВт·час	Доля ядерной энергетики, %
США	104	98,1	762	22
Франция	58	62,7	400	79
Япония	52	43,2	306	32
Германия	19	21,1	162	31,5
Россия	27	19,3	118	14,6
Южная Корея	16	13	106	47
Великобритания	31	12,2	86,5	28
Украина	13	11,2	71,7	36
Канада	14	10	71	13
Швеция	11	9,4	68,7	50
Испания	9	7,5	61	35
Бельгия	7	5,7	44	63
Тайвань	6	4,9	36,4	27
Швейцария	5	3,2	24,8	45
Финляндия	4	2,45	21,9	31,5
Индия	14	2,5	17,3	4,1
КНР	3	2,15	16,7	1,7
Словакия	6	2,4	15,7	50
Бразилия	2	1,9	13,5	4,5
Болгария	4	2,7	13,3	34
Венгрия	4	1,75	13,3	40,5
Чехия	4	1,65	12,7	21
ЮАР	2	1,8	10,7	5,8
Литва	2	2,35	9,95	71
Мексика	2	1,35	8,4	5,5
Аргентина	2	0,94	6,55	10
Румыния	1	0,65	5,05	8,5
Словения	1	0,63	5	41
Нидерланды	1	0,45	3,7	4,5
Пакистан	2	0,43	2	3,4
Армения	1	0,38	1,8	23
Всего	427	348	2496	23

6.2. Запасы основных энергоносителей

Возможности развития энергетики в значительной степени определяются запасами основных энергоносителей и экологией. Хотя оценки величины этих запасов являются весьма приближенными, тем не менее, они позволяют определить перспективы развития энергетики и вероятную роль в этом развитии того или иного вида энергоносителей.

Доказанные мировые запасы нефти составляют по различным оценкам от 146 до 166 миллиардов тонн н.э. Доказанные мировые запасы газа оцениваются в 145 триллионов кубических метров или в 130 миллиардов тонн н.э. Предполагаемые дополнительные запасы нефти и

газа увеличивают оценку запасов нефти до 270 миллиардов тонн н.э., а газа до 240 миллиардов тонн н.э. При сохранении существующего уровня добычи, запасов нефти хватит на 45–75 лет, а запасов газа – на 65–120 лет. В целом по обоим этим видам энергоносителей (при их возможной функциональной взаимной конвертации), их запасов хватит на 52–94 года (первая цифра относится к известным запасам, а вторая цифра учитывает предполагаемые дополнительные запасы).

Таблица 7.8. Доказанные запасы нефти и газа для десяти основных энергопроизводителей

Государство	Нефть, млрд. т н.э.	Газ, млрд. т н.э.	Всего
США	3,2	4,25	7,45
Россия	8	43	51
КНР	4,2	1	5,2
Саудовская Аравия	38	4,8	42,8
Канада	0,75	1,75	2,5
Великобритания	0,7	0,65	1,35
Иран	13,2	19,8	33
Индия	0,65	0,55	1,2
Норвегия	5,5	2,2	7,7
Венесуэла	10	3,6	13,6
Всего	84,2	81,6	165,8

На долю десяти основных энергопроизводителей приходится 55,5% доказанных запасов нефти и 63,2% доказанных запасов газа, и в целом по обоим энергоносителям – 59,3% общего объема их запасов. Следует отметить неравномерное распределение этих запасов среди рассматриваемого выбора стран. На долю трех государств (Россия, Саудовская Аравия и Иран) приходится 76% запасов нефти и газа всех десяти основных энергопроизводителей и 45,5% мировых запасов нефти и газа.

На долю десяти государств, владеющих основными запасами нефти и газа, приходится около 77% общего объема этих запасов, в том числе 83,5% запасов нефти и 69% запасов газа. При этом на долю этих государств приходится 11% населения и 25% территории от общих объемов.

Из государств, владеющих основным объемом запасов нефти и газа, развитая ядерная энергетика существует только в США и России. Кроме того, в Мексике ядерная энергетика получила ограниченное развитие, а Иран предполагает развивать свои ядерно-энергетические возможности.

Таблица 7.9. Десять государств, располагающих наибольшими доказанными запасами нефти и газа (по сумме обоих энергоносителей)

Государство	Всего	Нефть, млрд. т н.э.	Газ, млрд. т н.э.
Россия	51	8	43
Саудовская Аравия	42,8	38	4,8
Иран	33	13,2	19,8
Ирак	19,2	16,2	3
ОАЭ	16,9	11,7	5,2
Кувейт	15,1	13,8	1,3
Венесуэла	13,6	10	3,6
Мексика	8,7	7	1,7
Норвегия	7,7	5,5	2,2
США	7,45	3,2	4,25
Всего	215,45	126,6	88,85

Следующим основным видом органических энергоносителей является уголь.

На его долю приходится 25% производства основных энергоносителей и 40% энергоносителей для производства электроэнергии. Уголь является широко используемым в мировой практике материалом, а его запасы существенно превышают запасы нефти и газа.

Таблица 7.10. Распределение запасов угля по основным регионам

Регион	Используемые ресурсы, млрд. т н.э.	Извлекаемые ресурсы, млрд. т н.э.	Запасы
США	140	920	1060
СНГ	70	1740	1810
КНР	50	500	550
Австралия	40	200	240
Германия	40	100	140
Остальные	160	360	520
Всего	500	3820	4320

Общие запасы угля примерно в десять раз превышают общие запасы нефти и газа. В том случае, если развитие технологии в будущем позволит обеспечить функциональную конвертацию угля для замещения возможностей нефти и газа, то при сохранении существующего объема энергопроизводства (и сохранения в нем общей доли органических энергоносителей на уровне 80%), общих запасов угля, нефти и газа (около 4900 миллиардов тонн н.э.), будет достаточно для энергоснабжения в течение приблизительно 600 лет.

Из государств, обладающих основными запасами угля, развитую ядерную энергетику имеют США, Германия и Россия. Интенсивное развитие своей ядерной энергетики планирует также КНР, располагающая огромными ресурсами угля.

6.3. Перспективы ядерной энергетики.

Глобальные перспективы ядерной энергетики связаны с объемом запасов сырья для производства ядерного топлива и выбором ядерного топливного цикла. В настоящее время ядерная энергетика основана на уран-урановом топливном цикле (свежее ядерное топливо содержит изотоп U-235 и U-238: отработавшее ядерное топливо содержит невыгоревший уран и наработанный плутоний) с использованием ядерных реакторов на тепловых нейтронах различных типов.

При этом роль возврата U-235 из ОЯТ для повторного использования невелика как из-за относительно малого объема переработки ОЯТ, так и небольшой доли невыгоревшего урана (30%). Невелика и роль в мировом ядерном топливном цикле используемого смешанного уран-плутониевого ядерного топлива. Поэтому для существующего топливного цикла масштабы его роста практически ограничены возможностью однократного использования природного урана в ядерном топливе.

Общий объем установленных запасов природного урана со стоимостью до 130 долларов за килограмм оценивается в 4 миллиона тонн, из которых на страны СНГ приходится около 1,32 миллиона тонн или 33%. Распределение этих запасов урана по регионам и некоторым странам приведено в таблице 7.11.

Таблица 7.11. Распределение установленных запасов природного урана по регионам и некоторым странам

Регион	Австралия	США	Канада	СНГ	ЮАР и Намибия	Остальные
Запасы, %	23	9	11	33	16	8

При этом на долю собственных запасов уранового сырья этой категории в России приходится 4,3% (170000 тонн).

Учет предполагаемых запасов урана (со стоимостью издержек производства до 220 долларов за килограмм) увеличивает оценку общих ресурсов урана до 13 миллионов тонн. По некоторым оценкам, в рамках этой категории запасы урана в России могут составить до 0,6 миллиона тонн.

Один энергоблок АЭС с электрической мощностью в 1 МВт производит в год в среднем 6,4 ТВт·час электроэнергии (при КИУМ 73%) и потребляет урановое топливо, для изготовления которого расходуется около 160 тонн природного урана. В соответствии с этим общий расход природного урана в мировом производстве электроэнергии на АЭС может быть оценен в 55000 тонн в год. Таким образом, при сохранении существующего объема производства электроэнергии на АЭС (2500 ТВт·час) установленных запасов урана достаточно в течение 70 лет.

Общий ресурс энергии, содержащийся в достоверных запасах природного урана, оценивается в 40 миллиардов тонн н.э., что в семь раз меньше ресурсов энергии в достоверных запасах нефти и газа. С учетом предполагаемых запасов урана его энергетический ресурс в существующем топливном цикле оценивается до 147 миллиардов тонн н.э., что в 3,4 раза меньше энергоресурсов запасов нефти и газа, и составляет около 3% от совокупных энергоресурсов органического топлива, включая уголь.

Таким образом, в глобальном масштабе при сохранении существующего типа ядерной энергетики ее значение может быть весьма ограничено для общего объема энергопроизводства.

Масштабный рост ядерной энергетики в случае его реализации должен предполагать существенное увеличение мощностей АЭС и производства электроэнергии (и, по-видимому, в перспективе тепла), с тем, чтобы при этом могла бы быть достигнута существенная экономия органических энергоносителей. Так, для того, чтобы сократить в два раза расход органических энергоносителей (от уровня в 65% до 32,5%) на производство электроэнергии, заменив эти мощности ядерной энергетикой, необходимо увеличить мощность АЭС в три раза по сравнению с существующим уровнем. Соответственно в рамках используемого ядерного топливного цикла в три раза возрастет расход природного урана, что приведет к истощению его установленных мировых запасов через 25 лет после достижения этого уровня мощности АЭС.

Эти цифры хорошо иллюстрируют невозможность претензий существующего вида ядерной энергетики занять лидирующие позиции в глобальном производстве электроэнергии даже при его существующих объемах. В то же время, в связи с ростом народонаселения и общим развитием мировой экономики рост производства электроэнергии в мире будет неизбежно происходить, и будет составлять, возможно, в среднем 1,8% в год. В этом случае уже через 50 лет объем производства электроэнергии возрастет в 2,4 раза и составит приблизительно 30000 ТВт·час. Для сохранения доли ядерной энергетики в этом производстве на существующем уровне потребуется в 2,4 раза увеличить ее мощности.

Из этих оценок следует, что существенное увеличение роли ядерной энергии в мировой энергетике возможно только при переходе на новый топливный цикл. Такой цикл в принципе, как известно, может быть основан на использовании реакторов на быстрых нейтронах со сжиганием основного ядерного ресурса в виде U-238. Определенные возможности, по-видимому, могут быть связаны с использованием уран-ториевого топливного цикла. Такой переход, однако, требует полного переоснащения реакторной базы и развития мощных производств переработки ОЯТ для выделения из него плутония и его рециклирования в новое ядерное топливо, а также новой базы для уран-ториевой энергетикой. Отметим, что энергетический ресурс достоверных запасов природного урана (при их использовании с КПД 50%) составляет в этом случае 40000 миллиардов тонн н.э., что в восемь раз превышает запасы всех органических энергоносителей. Серьезным препятствием для такого альтернативного пути развития ядерной энергетикой является неудача проектов по созданию энергетических реакторов на быстрых нейтронах, направленных на демонстрацию возможности их длительной эффективной эксплуатации.

В рамках рассматриваемой проблемы существенно, что если традиционная ядерная энергетика может в принципе развиваться без переработки ОЯТ, то перспективная ядерная энергетика на основе реакторов на быстрых нейтронах предполагает переработку ОЯТ и выделение плутония для производства нового ядерного топлива.

Ниже в таблице 7.12 приведены мощности атомных электростанций в различных странах мира и прогнозные оценки развития атомной энергии в этих странах до 2010 года.

По прогнозам, мировые потребности в энергоносителях к середине века увеличатся в три раза по сравнению с существующими в настоящее время. В среднесрочной перспективе (2000–2020 годы) среднегодовые темпы роста потребления первичных энергоносителей в мире оцениваются в 1,4–2,7% в год. Рост потребления электроэнергии прогнозируется более высоким – 2,1–3,5% в год.

По-прежнему остаются неопределенными перспективы развития ядерной энергетики: прогнозируется как увеличение суммарной мощности АЭС мира на 1,2% в год, так и уменьшение их со скоростью 0,7% в год.

Структура потребления энергоносителей для производства электроэнергии в последние годы в разных странах изменяется по-разному. В США, Японии, странах Юго-Восточной Азии растет использование угля. В странах Европы расход угля снижается и несколько растет потребление газа. В целом в мире наблюдается незначительный рост расхода углеводородного топлива в производстве электроэнергии и практически стабильный вклад ГЭС и АЭС (19% и 16% соответственно).

После подписания Киотского протокола об ограничении выбросов парниковых газов в атмосферу 32 страны, в которых проживает 16% населения планеты, обязались снизить выбросы углекислого газа и других парниковых газов в атмосферу. Сенат США не ратифицировал Киотский протокол по политическим причинам. Явно прослеживается нежелание большинства государств присоединяться к Протоколу раньше других стран. Только во Франции и Великобритании в последние годы снизились выбросы углекислого газа, в основном, в результате развития ядерной энергетики.

Вопреки долгосрочным прогнозам энергетиков, предсказывающих весьма умеренный рост роли атомных электростанций (8% за 20 лет), выработка электроэнергии на АЭС Евросоюза увеличивается быстрее. Такая тенденция выглядит особенно внушительно, если принять во внимание, что Германия (второй по величине производитель атомной энергии в Евросоюзе после Франции) под нажимом «зелёных» приняла решение постепенно отказаться от использования атомных электростанций.

Таблица 7.12. Мощности ядерных реакторов в странах мира в 1990–2010 годах, МВт

Страна	2000 год	2005 год	2010 год
Аргентина	935	1627	1292
Армения	376	376	600
Беларусь	0	0	900
Бельгия	5737	5767	5767
Болгария	3538	2722	1906
Бразилия	1855	1855	3084
Великобритания	12868	12868	12868
Венгрия	1729	1729	1729
Вьетнам	0	0	900
Германия	21327	21327	20987
Индия	2355	3015	7525
Индонезия	0	0	900
Иран	0	950	2340
Испания	7503	7614	7461
Казахстан	0	0	640
Канада	10258	14347	14347
Китай	2080	6673	11051
Куба	0	0	834
Литва	2500	1250	0
Мексика	1373	1373	1373
Нидерланды	452	0	0

Страна	2000 год	2005 год	2010 год
Пакистан	405	405	685
Россия	19843	24543	28197
Румыния	630	1260	1260
Северная Корея	0	0	1850
Словакия	2040	2448	1632
Словения	673	673	673
США	95409	95409	90449
Таиланд	0	0	900
Тайвань	4884	7484	7484
Турция	0	0	1400
Украина	12153	15040	16946
Финляндия	2543	2658	4158
Франция	63193	62960	64460
Чехия	1670	3494	3494
Швейцария	3192	3192	3192
Швеция	9442	8842	8842
ЮАР	1844	1944	2044
Южная Корея	12893	16893	23837
Япония	43462	47769	61710
Всего	349162	378507	419723

Ещё два года назад Европа считалась одним из самых бесперспективных регионов для развития ядерной энергетики. Чернобыльская авария сформировала стойкое неприятие «мирного атома» у «экологически озабоченного» жителя Евросоюза. Однако выросшие цены на углеводородное топливо и отказ Германии (крупнейшей экономики Евросоюза) от использования атомных реакторов вызвали рост производства атомной энергии в странах с менее строгими правилами. Так, например, Франция, имеющая государственную монополию в электроэнергетике, обнаружила, что её атомные электростанции дают ей большое преимущество на открывшемся после либерализации европейском рынке электроэнергии. Ведь, несмотря на бюрократизм национальной компании EDF, она производит довольно дешёвую электроэнергию по сравнению с конкурентами из других стран и может продавать ее соседней Германии.

По всей видимости, атомную энергетику ожидает в ближайшем будущем если не бурный рост, то, во всяком случае, довольно оптимистическая полоса развития. В ее пользу действует не только удорожание нефтепродуктов, но и решимость стран Евросоюза воплотить в жизнь Киотское соглашение, предусматривающее существенное сокращение эмиссии парниковых газов. Финское правительство, например, заявило, что увеличение роли атомной энергетики для Финляндии является единственно возможным способом выполнить Киотское соглашение и обеспечить растущую экономику достаточным количеством электроэнергии.

7. БУДУЩЕЕ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

7.1. Необходимость новой стратегии развития атомной отрасли

Осуществляемая Минатомом государственная политика России по ядерной энергетике определена Программой развития атомной энергетики РФ на 1998–2005 годы и на период до 2010 года. В ней поставлены задачи обеспечения безопасности и рентабельного функционирования ядерно-энергетического комплекса и создания усовершенствованных АЭС для строительства в следующем десятилетии.

Необходимость выработки долговременной стратегии вызвана тем, что завершающий период ее первого этапа связан со сложными и противоречивыми процессами: энергонасыщенные развитые страны Америки и Европы в условиях стабилизации топливного рынка сворачивают свои ядерные программы, а наиболее заинтересованные в увеличении производства энергии развивающиеся страны, особенно в Азии, начинают с повторения пути, пройденного в XX веке ядерными державами.

Рост мировых потребностей в топливе и энергии при ресурсных и экологических ограничениях традиционной энергетики делает актуальной подготовку новой энергетической технологии, способной взять на себя существенную часть прироста энергетических нужд, стабилизируя потребление органического топлива. Активные исследования новых возобновляемых источников энергии и управляемого термоядерного синтеза пока не позволяют рассматривать их в качестве реалистических конкурентоспособных способов крупномасштабного замещения традиционного топлива.

Значение развития ядерной технологии и атомной энергетики для России определяется ее национальными интересами:

- ядерные технологии в рассматриваемый период остаются основой обороноспособности России;
- атомная энергетика без ограничений со стороны дешевого и общедоступного топлива открывает новые возможности в развитии экономики России;
- крупномасштабная атомная энергетика переносит центр тяжести в энергетическом производстве с топливодобывающих отраслей и транспорта топлива на современные наукоемкие ядерные и сопутствующие неядерные технологии, а в экспорте – с топливного сырья на продукцию этих технологий, что даст новый импульс социальному и культурному развитию России;
- развивающаяся атомная энергетика позволит избежать опасностей, связанных с истощением органического топлива и международными конфликтами из-за его источников, что будет способствовать стабилизации международной обстановки;
- вовлечение плутония из сокращаемых ядерных боеголовок и ядерного топлива в замкнутый топливный цикл быстрых реакторов будет способствовать режиму нераспространения; с переводом же в дальнейшем тепловых реакторов в торий-урановый цикл, построенный подобным образом, отпадет нужда в технологиях обогащения урана и выделения плутония или урана-233, что будет являться значительным фактором увеличения глобальной безопасности;
- способствуя безопасному экономическому и социальному развитию и сохранению среды обитания, атомная энергетика будет давать весомый вклад в рост качества жизни граждан России.

Будущее атомной энергетики России зависит от решения трех главных задач:

- поддержание безопасного и эффективного функционирования действующих АЭС и их топливной инфраструктуры;
- постепенное замещение действующих АЭС энергоблоками традиционных типов повышенной безопасности (энергоблоки третьего поколения) и осуществление на их основе в последующие 20–30 лет умеренного роста установленной мощности атомных энергоблоков и увеличения экспортного потенциала;
- разработка и овладение в промышленных масштабах ядерной энерготехнологией, отвечающей требованиям крупномасштабной энергетики по экономике, безопасности и топливному балансу.

На основе благоприятного опыта эксплуатации первых гражданских ядерно-энергетических установок сформировалось представление о развитии атомной энергетики в два этапа:

- энергетика на тепловых реакторах и накопление в них плутония для запуска и параллельного освоения быстрых реакторов;
- развитие на основе быстрых реакторов атомной энергетики большого масштаба, постепенно замещающей традиционную энергетику на ископаемом органическом топливе.

Стратегической целью является овладение на основе ядерного бридинга практически неисчерпаемыми ресурсами дешевого топлива – урана и, возможно, тория.

Анализ современного состояния атомной энергетики позволяет сделать следующие выводы:

- эксплуатационная безопасность современной атомной энергетики является приемлемой для существующих масштабов ее использования при условии постепенного замещения действующих энергоблоков на реакторы третьего поколения;
- ресурсы природного рентабельного извлекаемого из недр урана ограничены. При доминирующей сегодня практике «сжигания» урана в тепловых реакторах эти ресурсы будут исчерпаны уже в следующем веке, как в России, так и в мире в целом. Переработка отработавшего топлива при рецикле плутония (МОХ-топливо) в тепловых реакторах может лишь ненамного продлить эти сроки;
- конкурентоспособность атомной энергетики под бременем растущих расходов на безопасность, обеспечиваемую наращиванием инженерных систем, имеет устойчивую тенденцию к снижению.

Прогнозы 1999 года Института энергетических исследований РАН указывают на возможность роста производства электроэнергии АЭС России до 160 миллиардов кВт·ч к 2010 году.

Ожидаемое к середине XXI века удвоение населения Земли, в основном за счет развивающихся стран, и их приобщение к индустриальному развитию может привести к удвоению мировых потребностей в первичной и к утроению (до 6000 ГВт) в электрической энергии. Атомная энергетика, отвечающая требованиям крупномасштабной энергетики по безопасности и экономике, могла бы взять на себя существенную часть прироста мировых потребностей в топливе и энергии (4000 ГВт электрических). Развитие к середине века мировой атомной энергетики такого масштаба явилось бы радикальным средством стабилизации потребления обычных топлив и предотвращения острых кризисных явлений:

- истощения дешевых ресурсов углеводородных топлив и возникновения конфликтов вокруг их источников, дестабилизации мирового топливного цикла;
- достижения опасных пределов выбросов продуктов химического горения.

Таблица 7.13. Общее потребление первичных энергоносителей, доля первичных энергоносителей, используемых для производства электроэнергии и доля АЭС в потреблении первичных энергоносителей в регионах мира в 1997 году и прогноз до 2020 года

Регион	1997 год			2000 год			2010 год			2020 год		
	ОП	ДПЭ	АЭС	ОП	ДПЭ	АЭС	ОП	ДПЭ	АЭС	ОП	ДПЭ	АЭС
Северная Америка	108,7	35,9	6,3	113	36	5,8 5,7	123 139	36 36	4,8 4,7	131 157	38 39	3,1 5,3
Латинская Америка	28,7	29,6	0,7	31	30	0,6 0,6	39 47	33 34	0,6 0,7	48 64	36 36	0,4 1,0
Западная Европа	62,6	41,3	12,9	64	42	13 12	68 76	44 47	12 11	72 86	45 52	8,6 11,0
Восточная Европа и страны бывшего СССР	54,1	30,7	4,5	54	31	5,1 5,2	61 67	32 33	4,8 5,4	75 90	34 34	3,0 5,2
Россия	31	31	4,1	30,4	32	4,6 4,6	32 34,5	32,4 32,4	5,5 5,8	33,3 41	36,3 33	6 7,5
Африка	17,2	21,5	0,7	19	22	0,7 0,7	25 28	23 23	0,5 0,5	33 42	26 25	0,4 0,8
Средний Восток и Южная Азия	35,6	25,7	0,2	40	26	0,2 0,3	59 71	29 29	0,4 0,5	88 122	32 32	0,5 0,7
Юго-Восточная Азия	19,6	24,3	–	21	25	– –	30 34	28 28	– 0,1	43 53	30 30	– 1,0
Дальний Восток	80,5	33,3	5,2	88	34	4,9 4,8	118 134	38 38	5,8 6,4	159 198	42 42	5,1 6,5
Всего в мире	406,9	33,0	5,4	430	33	5,1 5,0	524 597	35 35	4,6 4,7	648 812	37 38	3,3 4,7

Примечание: ОП – общее потребление, ЭДж; ДПЭ – для производства электроэнергии, %; АЭС – доля АЭС, %. 1 ЭДж = 1018 Дж.

Имеющиеся мировые и российские запасы природного урана не могут обеспечить устойчивого долговременного развития атомной энергетики на тепловых реакторах.

Быстрые реакторы умеренной энергонапряженности с коэффициентом воспроизводства около единицы позволяют развить атомную энергетику большого масштаба без ограничений по топливным ресурсам.

Развитие атомной энергетики в два этапа предполагает длительное сосуществование тепловых реакторов на уране-235, пока есть дешевый уран, и быстрых реакторов, которые вводятся на плутонии из оружейных запасов и из тепловых реакторов и практически не имеют ограничений по топливным ресурсам.

В двухкомпонентной структуре целесообразен постепенный переход тепловых реакторов на выгодный для них уран-ториевый цикл. Двухкомпонентная структура атомной энергетики будущего имеет под собой веские основания, но важный для нее вопрос о пропорциях между быстрыми и тепловыми реакторами требует адекватного решения.

При любом варианте развития в крупномасштабной ядерной энергетике будущего могут найти свое место разные типы реакторов на тепловых нейтронах при доминирующей роли быстрых реакторов. Двухкомпонентную схему с покрытием дефицита топлива для тепловых реакторов за счет избыточного производства в быстрых реакторах следует рассматривать как отдаленную перспективу. В рассматриваемый период тепловые реакторы будут работать на U-235, но для следующих этапов следует начать подготовку их к переводу в торий-урановый цикл. При накоплении в них U-233 с концентрацией в тории, необходимой для тепловых реакторов, изготовление торий-уранового топлива не потребует извлечения чистого U-233.

7.2. Перспективы атомной отрасли

Мировая практика обеспечения финансирования затрат на развитие атомной энергетики и ядерно-топливного цикла, в том числе и его завершающей стадии, заключается в накоплении средств за счет отчислений АЭС (энергетических компаний) и их аккумулирования в централизованных фондах, а также в контроле за их использованием со стороны государства или специальных организаций.

В Минатоме РФ существует несколько фондов (целевых средств), однако все они не являются накопительными, а также все они не являются консолидированными. Некоторые фонды по своему назначению имеют пересекающиеся направления использования.

Объем и перечень работ, которые должны финансироваться по указанным фондам, определен соответствующими программами: развития атомной энергетики РФ; обращения с РАО и ОЯТ; модернизации разделительных производств; вывода из эксплуатации.

Будущее атомной энергетики России зависит от решения трех главных задач: 1) поддержания безопасного и эффективного функционирования действующих АЭС и их топливной инфраструктуры; 2) постепенного замещения действующих АЭС энергоблоками новых типов повышенной безопасности (третьего поколения) и осуществления на их основе в последующие 20–30 лет умеренного роста установленной мощности атомных энергоблоков, а также увеличение экспортного потенциала атомной энергетики при одновременной разработке энергоблоков, реализующих принцип естественной безопасности; 3) разработки и внедрения в промышленных масштабах ядерных энергетических технологий, отвечающих требованиям крупномасштабной энергетики по экономике, безопасности, эквивалентному обращению с радиоактивными отходами и принципами нераспространения.

Сформировавшиеся в последнее десятилетие реалии российской экономики указывают на то, что крупномасштабная атомная энергетика в России может быть востребована значительно раньше, чем это прогнозировалось в дореформенный период.

В отношении экологии атомная энергетика по всем значимым показателям имеет преимущества по сравнению с энергетикой на органическом топливе. Если рассмотреть такой важный показатель, как экономический ущерб от ядерного топливного цикла, то он сопоставим с ущербом от топливного цикла электростанций на природном газе и существенно ниже, чем ущерб на электростанциях на угле и мазуте.

Разведанные запасы природного урана при широком применении технологии быстрых реакторов с замкнутым топливным циклом, в практическом использовании которой Россия обладает уникальным опытом, а также при использовании уран-плутониевого топлива в тепловых реакторах обеспечивают на несколько столетий поддержание ресурсного потенциала по обеспечению АЭС топливом.

Отмеченные обстоятельства являются фундаментом разработанной Минатомом «Стратегии развития атомной энергетики России», которая предусматривает увеличение общей установленной электрической мощности АЭС с 21,2 ГВт в 2000 году до 30 ГВт в 2010 году, до 50 ГВт в 2020 году и доведение мощностей АЭС до 60 ГВт к 2030 году. При этом доля атомной энергетики в производстве электричества возрастет до 33%.

Таблица 7.14. Прогноз развития атомной энергетики

	1990 год	2000 год	2005 год	2010 год	2020 год	Рост, %
Выработка всего, млрд. кВт·час	1082	878		1055	1240	141
Выработка АЭС		130	174	212	340	261
Доля АЭС в общей выработке		15		20	27	
Доля АЭС в первичных энергоресурсах, %		2,9		3,9	5,1	
Мощность	20	21,2	25	30	52	250

7.3. Поставка ядерного топлива из оружейного урана в США и национальные интересы России

Соглашение о поставке ядерного топливного материала США, получаемого из оружейного урана демонтируемых ЯБП, было подписано Правительством РФ в 1993 году. Поставки топлива и их оплату предполагается осуществлять поэтапно в течение примерно 20 лет по исполнительным контрактам. Речь идет о переработке в топливный материал 500 тонн оружейного урана и продаже этого топлива США за 11,8 миллиардов долларов.

Стоимость контракта, составляющая 11,8 миллиардов долларов, определялась на основании мировых цен на обогащенный уран, действовавших на момент заключения контракта. С 1995 по 1999 год уже переработано около 82 тонн ВОУ и поставлено НОУ на сумму в 1,9 миллиарда долларов.

Этот крупный контракт в условиях экономических проблем России в значительной степени содействовал сохранению атомной отрасли. Без этих средств при недостаточном и нерегулярном бюджетном финансировании обострились бы вопросы с безработицей, острыми социальными конфликтами и речь могла бы идти о полной ликвидации ряда ключевых звеньев ядерного комплекса.

При подготовке контракта американская сторона настаивала на непосредственных поставках высвобождаемого при демонтаже оружейного урана. В этом случае она могла непосредственно контролировать факт оружейного характера поставки. Это связано с тем, что мировой рынок ядерного топлива для АЭС перенасыщен и обладает значительными излишками сырья. В этих условиях Россия была лишена возможности прямых поставок на мировой рынок ядерного топлива за пределами давно сформировавшихся ограничений квотируемой системы. Использование оружейного урана в этих целях было нашей единственной практической возможностью. Благодаря принципиальной позиции Минатома России, удалось договориться о поставках США топливного материала с концентрацией U-235 4,4%, полученного переработкой в РФ оружейного урана его многократным разбавлением U-238.

Ежегодные потребности в эквивалентном ядерном топливе можно оценить, исходя из необходимости загрузки в реактор топливного урана в количестве 20 тонн на 1 ГВт электрической мощности в расчете на уровень обогащения в 4% U-235. В соответствии с этим, при уровне мощности мировой ядерной энергетики в 350 ГВт электрической мощности ежегодная потребность в эквивалентном топливе (4% U-235) составляет около 7000 тонн.

Для США мощность ядерной энергетики составляет 105 ГВт электрических и, соответственно, их ежегодная потребность в эквивалентном ядерном топливе составляет 2100 тонн.

Отметим, что в масштабах атомной энергетики США размер наших топливных поставок, хотя и значителен, однако не является слишком большим, и, тем более, не имеет определяющего характера. Этого топлива достаточно для обеспечения работ АЭС США в течение 5,5 лет. Общий объем поставки ядерного топлива эквивалентен мировому обороту этого материала за период менее двух лет.

Из высвобождаемого оружейного урана в рамках контракта может быть произведено около 15000 тонн топливного материала по цене 1200 долларов за килограмм. Отметим, что эта цена соответствует мировым ценам на аналогичный топливный материал, производимый из природного урана. Эти цены составляют 700–1000 долларов за килограмм и испытывают колебания в зависимости от спроса и предложения и сроков длительности контрактов.

При оценке достоинств контракта необходимо учитывать, что поставка материала в США затрагивает только часть оружейного урана России, и остающегося материала вполне достаточно для обеспечения требований нашего ядерного арсенала.

Основные этапы программы БОУ-НОУ:

- 1993 год: Соединенные Штаты и Россия подписывают межправительственный договор, согласно которому Россия должна переработать 500 тонн высокообогащенного урана (БОУ), изъятых из ядерных боеголовок, в низкообогащенный уран (НОУ) для закупки его Соединенными Штатами с целью использования в качестве топлива для получения электроэнергии;
- 1994 год: USEC и «Техснабэкспорт», в качестве ответственных исполнителей Соединенных Штатов и России, подписывают контракт на 20 лет на сумму 8 миллиардов долларов. В рамках данного контракта Россия переработает 500 тонн БОУ в НОУ, а корпорация USEC закупит НОУ у России и продаст своим предприятиям-клиентам для использования в качестве топлива на атомных электростанциях. Россия начинает осуществлять техническую подготовку выполнения контракта;
- 1995 год: начало поставок топлива корпорации USEC по программе БОУ-НОУ. Первый груз прибывает в корпорацию USEC в Портсмут, на завод в штате Огайо 23 июня;
- 1995 год: получение поставок корпорацией USEC: 186 тонн НОУ, полученных из 6 тонн БОУ, что эквивалентно приблизительно 240 ядерным боеголовкам;
- 1996 год: корпорация USEC получила 371 тонну НОУ, полученную разбавлением 12 тонн БОУ;
- 1997 год: корпорация USEC получила 480 тонн НОУ, полученных разбавлением 18 тонн БОУ;
- 1998 год: USEC размещает заказ на 724 тонны НОУ, полученные из 24 тонн БОУ. Поставки 1998 календарного года составляют 450 тонны НОУ, полученных из 14,5 тонн БОУ;
- 1999 год: в июле 1999 года Россия завершает поставки 1998 года по БОУ, переработанного в НОУ. Начинаются поставки НОУ, полученного из 21,3 тонны БОУ, по заказу 1999 года. В феврале 2000 года Россия завершает поставки 1999 года;
- 2000 год: получение поставок корпорацией USEC 858 тонн НОУ, полученных из 30 тонн БОУ.

7.4. Энергетические технологии XXI века и ядерные топливные циклы

Ожидаемое к середине нынешнего века удвоение населения Земли, в основном за счет развивающихся стран, и приобщение все новых из них к индустриальному развитию, приведут, как минимум, к удвоению мировых потребностей в первичной энергии и к утроению – в электрической энергии.

Разрыв в уровне энергопотребления и благосостояния между развитыми и развивающимися странами огромен.

Преодоление этого разрыва может стать ведущей тенденцией и условием устойчивости мирового развития в XXI веке.

Весьма вероятно, что рост производства энергии будет сопровождаться постепенным истощением дешевых ресурсов углеводородного топлива и их удорожанием. Все большее влияние на мировой топливный рынок будет оказывать стремление стран сохранить свои ресурсы углеводородного топлива как основного предмета экспорта, а также в качестве топлива для транспорта и сырья для химической промышленности. Возрастет опасность международных конфликтов вокруг источников нефти и газа.

Таблица 7.15. Проект энергетической стратегии до 2020 года

Газ, млрд. куб. м	640	583	654	700
Нефть, млн. тонн	516	323	510	440
Уголь, млн. тонн	396	258	430	450

Еще более близкими могут оказаться пределы потребления химического топлива, в том числе и ресурсов угля, связанные с выбросами продуктов горения и глобальными климатическими изменениями. Меры по снижению вредных выбросов увеличат капитальные затраты на энергетику наряду с ростом цены топлива.

Доли стран в мировой эмиссии CO₂ в 1998 году составляли:

- США – 24,6%
- Китай – 13%
- Россия – 6,4%
- Япония – 5%
- Индия – 4%
- Германия – 3,8%.

АЭС с электрической мощностью в 1 ГВт экономит 7 миллионов тонн выбросов CO₂ в год по сравнению с ТЭЦ на угле, и 3,2 миллиона тонн выбросов CO₂ по сравнению с ТЭЦ на газе.

Можно говорить лишь о вероятности того или иного развития событий на длительную перспективу. Но жизненная важность надежного энергообеспечения и крайняя инерционность топливно-энергетического хозяйства с его масштабами и капиталоемкостью требуют заблаговременных мер в расчете на осуществление неблагоприятных сценариев развития. Главной задачей является развитие новых энергетических технологий, способных к крупномасштабному и экономичному замещению органического топлива. Приходится признать, что научные исследования пока не привели к появлению экономически конкурентоспособных технологий такого рода.

При множестве полезных применений новые возобновляемые источники энергии из-за крайне низкой и неравномерной плотности ее потока пока не могут экономически конкурировать с тепловыми машинами в «большой» энергетике. Исключениями служат гидроэнергия и фотосинтез, где сами природные силы осуществляют концентрирование и аккумулялирование потоков солнечной энергии. Но их применение имеет свои экологические и экономические ограничения.

Управляемому термоядерному синтезу еще предстоит техническая и экономическая реализация.

Полувековой практический опыт развития ядерных реакторов позволяет рассматривать их в качестве одного из реальных направлений энергетического развития. Но рост мировой энергетики, основанный на урановых тепловых нейтронах, ограничен ресурсами дешевого урана, а для энергетики большого масштаба не нашли пока убедительных решений проблемы безопасности АЭС и радиоактивных отходов.

Ряд специалистов Минатома России, однако, смотрит с оптимизмом на будущее ядерной энергетики.

Между тем, исследования последних лет показывают, что ядерная технология, отвечающая требованиям большой энергетики по безопасности и экономике, может быть создана, не уходя слишком далеко от того, что освоено в мирной и военной ядерной технике. Если в ближайшие годы заинтересованные государства осознают жизненную необходимость своевременного решения зада-

чи и выберут определенную концепцию, ее техническая разработка и демонстрация могут быть выполнены в разумные сроки в пределах 10–15 лет.

Это откроет путь к созданию в XXI веке ядерной энергетики, берущей на себя существенную часть прироста мировых потребностей в топливе и энергии. Это соответствует росту ядерной энергетики от нынешнего уровня в 350 ГВт к середине века на порядок, а до конца века – еще в 2–3 раза.

Принципы выбора ядерной технологии следующего этапа вытекают из достаточно общих представлений об облике ядерной энергетике будущего.

При потреблении легководными реакторами около 180 тонн природного урана в год на 1 ГВт электрической энергии и ресурсах урана в 13 миллионов тонн, эти реакторы выработают приблизительно 50000 ГВт-лет электроэнергии и произведут 2 миллиона тонн ОЯТ и от 15000 до 20000 тонн плутония. Повторное использование плутония в МОХ-топливе легководных реакторов позволило бы на 20–25% увеличить топливные ресурсы реакторов. Но высокая стоимость использования МОХ-топлива в тепловых реакторах не стимулирует расширение этих производств, а распространение в мире технологии, требующей извлечения плутония, увеличит риск распространения ядерного оружия. Малоэффективное сжигание плутония в тепловых реакторах ограничит или полностью закроет возможности создания на следующем этапе крупномасштабной ядерной энергетики на бридерах.

Многие развивающиеся страны проявляют интерес к тяжеловодным реакторам, позволяющим использовать природный уран и обеспечивающим независимость от поставщиков обогащенного урана. Увеличение их доли в ядерной энергетике первого этапа (сейчас 5%) приведет к некоторой экономии природного урана (примерно в 1,5 раза на реактор) и к увеличению производства плутония (примерно в два раза на реактор). Глубина выгорания топлива, в 4–6 раз меньшая в сравнении с легководными реакторами, увеличит накопление отработавшего топлива и потребности в его хранилищах.

Тепловые реакторы разных типов, вероятно, найдут применение в более отдаленной перспективе, оказываясь предпочтительными в некоторых секторах энергопроизводства: малые и средние атомные станции для удовлетворения локальных нужд в тепле и электричестве удаленных районов, куда проведение линий электропередачи и доставка топлива затруднены и дороги, или технологических потребностей в высокотемпературном тепле. Для этого тепловые реакторы должны будут в дальнейшем перейти на топливный уран-ториевый цикл с коэффициентом воспроизводства 0,8–1 с покрытием дефицита в U-233 бридерами.

Но основной сферой применения ядерной энергии, наиболее вероятно, останется централизованное производство электричества на крупных АЭС мощностью масштаба 1 ГВт с его передачей в энергосети. Электричество остается наиболее универсальной и удобной для передачи и конечного использования формой энергии: его производство растет наиболее быстро и займет в XXI веке преобладающее место в потреблении топлива.

Накопленный (в том числе в России) опыт по строительству и эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, а возможно, и освоение в XXI веке экономичных линий открывают возможности передачи электричества от крупных АЭС на тысячи километров и расширения его экспорта.

По этим соображениям крупномасштабное развитие ядерной энергетики, предполагает строительство в основном крупных АЭС. Подобные масштабы возможны только на бридерах с коэффициентом воспроизводства больше единицы.

Важнейшей задачей этого этапа является рентабельная и безопасная утилизация плутония, производимого реакторами первого этапа. В начале этого пути важной задачей является утилизация в МОХ-топливе оружейного плутония.

По физическим и техническим принципам конструкции и управления быстрые реакторы большой мощности с жидкометаллическим охлаждением проще легководных и других тепловых реакторов, к тому же обладают более высокой эффективностью использования топлива и энергии, а значит могут быть и дешевле, если для них будут найдены лучшие технические решения. Высокая стоимость первых быстрых реакторов и трудности с обеспечением безопасности были связаны с использованием в них химически высокоактивного натрия. Предотвращение его контакта с водой и воздухом при нормальной эксплуатации и в авариях требует трехконтурной схемы охлаждения, страховочного корпуса, сложных систем контроля и защиты парогенераторов, перегрузки топлива и

влияет на вспомогательное оборудование и сооружения АЭС. Возможность возгорания и закипания натрия в авариях с учетом положительного эффекта реактивности не позволяет в полной мере реализовать присущие быстрым реакторам качества безопасности.

Одним из основных мотивов применения в первых быстрых реакторах легкого и теплопроводного натриевого теплоносителя служила его способность отводить высокие тепловые потоки от топлива при увеличении энерговыработки топлива и коэффициента воспроизводства. В послевоенные десятилетия темпы роста производства электроэнергии достигали 6–7% в год (в СССР до 12% в год), и высокое воспроизводство рассматривалось в качестве важного критерия при разработке быстрого реактора.

Теперь положение изменилась. Темпы роста энергетики снизились (утроение производства электричества за 50 с небольшим лет соответствует средним темпам 2% в год), накапливается большое количество Pu , так что коротких времен воспроизводства плутония не требуется. Значительный рост ядерных мощностей вполне может быть осуществлен быстрыми реакторами с $K \sim 1$ и умеренной энергонапряженностью. 15 000–20 000 тонн плутония и 15 000–20 000 тонн урана-235 в отработавшем топливе реакторов первого этапа позволят ввести быстрые реакторы мощностью 4000 ГВт, использующие плутоний в смеси со слабообогащенным (1–4%) ураном (дообогащенный регенерат топлива тепловых реакторов). По мере стабилизации ядерной энергетики эти реакторы перейдут в цикл уран-плутоний.

При оптимальном $K = 1,05$ к началу XXII века ядерные мощности могут достичь 8000 ГВт за счет избыточного воспроизводства плутония. Поэтому разработка новых бридеров может быть подчинена исключительно достижению экономичности и безопасности.

Замена натрия на химически пассивный высококипящий теплоноситель, отказ от уранового blankets при обеспечении внутреннего воспроизводства $K \sim 1$, использование вместо оксидного плотного и теплопроводного топлива соответствуют этим целям. Эти и другие меры позволяют создать экономичный быстрый реактор большой мощности, обладающий качественно более высоким уровнем безопасности.

Избыток нейтронов в быстром реакторе в цикле уран-плутоний (без уранового blankets) и высокий поток быстрых нейтронов обеспечивают быстрым реакторам преимущество в трансмутации долгоживущих радионуклидов для решения проблемы радиоактивных отходов без создания специальных «сжигателей». Равновесный состав топлива создает предпосылки к применению технологии его переработки, сводящейся в основном к не очень глубокой очистке от продуктов деления, исключающей извлечение с ее помощью плутония. Использование такой технологии в «неядерных» странах обеспечивало бы определенную степень их независимости от ядерных стран, не нарушая международного режима нераспространения.

По мнению министра по атомной энергии А.Ю. Румянцева, с точки зрения Киотского протокола, атомная энергетика идеальна, а быстрые «реакторы имеют концепцию внутренней безопасности и отвечают соблюдению режима нераспространения, сжигая плутоний».

При освоении бридинга и решении проблемы радиоактивных отходов, главным образом путем трансмутации долгоживущих актиноидов, не видно ограничений в длительности функционирования ядерной энергетики со стороны ресурсов дешевого топлива и накопления радиоактивных отходов. Но замкнутая концепция ядерного развития должна предусматривать и завершающий ее этап с выводом из эксплуатации АЭС и ликвидацией большого количества радиоактивных веществ, содержащихся в реакторах. Это потребует эффективных «сжигателей» без воспроизводства ядерного горючего, что придает смысл ведущимся сейчас поискам и исследованиям в этой области. Однако, если надежды на не слишком далекое создание экономичных и безопасных бридеров осуществляются, техническая разработка таких «сжигателей» явится задачей более отдаленного будущего.

Для реализации замкнутого топливного цикла необходимы разработка инфраструктуры, эффективное распределение технологических процедур во времени, определение критериев эффективности замкнутого ядерного топливного цикла, расчетное и экспериментальное обоснование поведения облученного ядерного топлива при транспортировании и длительном хранении, технология переработки нового топлива, совместимость технологии переработки с требованиями безопасной эксплуатации реакторов и нераспространения делящихся материалов.

Замкнутый топливный цикл снижает расходы урана, вовлекает в цикл плутоний, уменьшает радиоактивность и токсичность материалов для постоянного хранения, упрощает нераспространение ядерных материалов, улучшает перспективы экспорта реакторов, обеспечивает стабильную работу АЭС независимо от добычи урана, использование ценных радионуклидов и трансурановых элементов. В пользу замкнутого топливного цикла говорят трудности открытого цикла: ненадежность прогнозирования безопасности хранения облученного топлива на тысячи лет; отсутствие данных о длительной устойчивости конструкционных материалов; необходимость большого расхода дорогостоящих материалов при захоронении отходов; отсутствие методов расчета для подтверждения безопасности захоронения; необходимость специальных геологоразведочных работ большого объема; невозможность радиационно-эквивалентного захоронения.

Организация замкнутого топливного цикла включает в себя выбор АЭС, вида топлива, способа изготовления свежего топлива, способа переработки облученного топлива, способа хранения отходов переработки, способа размещения предприятий топливного цикла АЭС. Его экономичность зависит от мощности АЭС и глубины выгорания топлива, стоимости изготовления свежего и переработки облученного топлива, стоимости транспортировки топлива, хранения отходов, требований к отходам по содержанию актиноидов и долгоживущих продуктов деления.

8. ИНИЦИАТИВА ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Выступая на специальной сессии Генеральной Ассамблеи ООН (Саммите тысячелетия) 6 сентября 2000 года Президент Российской Федерации В.В. Путин, в частности, сказал:

«Россия выступает за объединение усилий в интересах кардинального повышения эффективности нераспространения ядерного оружия. Этого можно добиться путем постепенного исключения из использования в мирной ядерной энергетике обогащенного урана и чистого плутония.

Исследования показывают, что это технически осуществимо. Более того, есть реальная возможность такого сжигания плутония и других радиоактивных элементов, которое может создать предпосылки для окончательного решения проблемы радиоактивных отходов.

В этой связи предлагаю под эгидой МАГАТЭ разработать и реализовать соответствующий международный проект».

В распространенном делегацией Российской Федерации в связи с выступлением В.В. Путина на Саммите документе отмечалось, что, к сожалению, двадцатый век не решил целого ряда ключевых проблем, в том числе важнейшей для человечества проблемы предотвращения военных конфликтов. Ситуация усложняется тем, что **распространение оружия массового поражения, и в первую очередь ядерного, остается серьезной угрозой человечеству.**

Далее там же говорится, что **другая угроза исходит от техногенной деятельности человечества и ее влияния на окружающую среду.** Выброс в атмосферу парникового газа, связанный с производством энергии, ведет к дальнейшей деградации экологии. Ситуация вряд ли улучшится в ближайшем будущем, поскольку развивающиеся страны, где в двадцать первом веке будет наиболее бурный рост производства энергии, не владеют современными технологиями, требующими значительных инвестиций, и будут полагаться на наиболее доступные источники энергии – сжигание угля и гидроэнергетику, наносящие самый большой ущерб экологии.

Следует добавить, что те из этих стран, которые заинтересованы в своей энергетической независимости, начинают развивать или уже развивают ядерную энергетику, осваивая опыт ядерных стран по традиционным ядерным топливным циклам с возможностью выделения плутония и технологиями обогащения урана для обеспечения АЭС с легководными реакторами собственным ядерным топливом. Это ведет ко вполне **легальному распространению ключевых технологий получения оружейных материалов: обогащения урана и извлечения плутония.**

При этом политика ограничения передачи ядерных технологий другим странам и усиление международных контрольных мер оказались недостаточно эффективными барьерами на пути ядерного распространения.

Предложенная Президентом Российской Федерации инициатива является политическим выводом из критического анализа состояния мировой ядерной энергетики в тесной связи двух ее важнейших для человечества аспектов: **долговременное обеспечение энергией безопасным и экологически приемлемым способом и предотвращение ее использования для целей создания ядерного оружия**. Предлагаемый подход способен постепенно заменить существующую сегодня ядерную энергетику с ее проблемами нераспространения, ресурсными и экологическими ограничениями. Он также будет содействовать завершению начатого Россией и США ядерного разоружения запрещением и полной ликвидацией ядерного оружия.

При этом предложенное постепенное исключение из **использования в мирной ядерной энергетике обогащенного урана** не означает ничего другого, кроме намерения разрабатывать новое поколение реакторов на быстрых нейтронах, которые возьмут на себя в будущем основную роль в развитии крупномасштабной ядерной энергетики, а в отдаленном будущем, при исчерпании дешевого урана, позволит перевести реакторы на тепловых нейтронах на торий-урановый цикл. В то же время следует учитывать, что этот процесс потребует несколько десятилетий, в течение которых ядерная энергетика может еще развиваться на легководных реакторах, использующих низкообогащенный уран.

Предложение **отказаться от чистого плутония** говорит о намерении разработать быстрый реактор с ядерным топливом равновесного состава без выделения чистого плутония при переработке облученного топлива. Это не может касаться ни утилизации в ядерной энергетике оружейного плутония, ни переработки в будущем на заводах ядерных стран или технологических центров под международной юрисдикцией облученного топлива легководных реакторов с выделением плутония и изготвлением из него части топлива реакторов на быстрых нейтронах.

Выступлением Президента Российской Федерации В.В. Путина на Саммите тысячелетия и распространенным там же документом мировое сообщество приглашается к широкому международному сотрудничеству по совместной разработке инновационной реакторной технологии и ядерного топливного цикла естественной безопасности, основными чертами которых являются:

- **неограниченная обеспеченность топливными ресурсами** за счет эффективного использования природного урана, а в дальнейшем и тория;
- **исключение тяжелых аварий** с радиационными выбросами, требующими эвакуации населения, при любых отказах оборудования, ошибках персонала и внешних воздействиях за счет, главным образом, присущих ядерным реакторам и их компонентам природных качеств и закономерностей (естественная безопасность);
- экологически безопасное производство энергии и утилизация отходов за счет замыкания топливного цикла со сжиганием в реакторе долгоживущих актиноидов и продуктов деления и **радиационно-эквивалентным захоронением радиоактивных отходов без нарушения природного радиационного баланса**;
- закрытие канала распространения ядерного оружия, связанного с ядерной энергетикой, путем постепенного **исключения в ней технологий извлечения плутония из отработавшего топлива и обогащения урана** и обеспечения физической защиты ядерного топлива от краж;
- **экономическая конкурентоспособность** за счет низкой стоимости и воспроизводства топлива, высокой эффективности термодинамического цикла, решения проблем безопасности АЭС без усложнения их конструкций и предъявления экстремальных требований к оборудованию и к персоналу. Все эти требования можно выполнить, не слишком отклоняясь от существующей технологии, разработанной в рамках военных и гражданских программ, при условии последовательной реализации в реакторах и технологии принципов естественной безопасности.

Проведенные в России исследования показали реальность такого подхода. Однако решать задачи его реализации отдельно взятому государству чрезвычайно сложно.

На данном этапе в качестве российского вклада наша страна предлагает к рассмотрению мировым сообществом разработки по ядерному топливному циклу с естественной безопасностью, технологически усиливающему режим нераспространения ядерного оружия. Соединение мирового опыта для совершенствования рассматриваемых технических решений даст мощный импульс широкому развитию ядерной энергетики XXI века.

В этой связи в качестве первого шага на пути организации данного международного проекта Россия поддержала создание специальной группы МАГАТЭ по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам, целью которой будет анализ, выбор и разработка перспективной ядерной технологии.

В дальнейшем, в случае достижения согласия между заинтересованными странами можно было бы осуществить совместный демонстрационный проект.

Выступлением своего Президента Россия показала готовность взаимодействовать со всеми странами на этом стратегическом направлении по энергетическому обеспечению устойчивого развития человечества, кардинальному решению проблем нераспространения ядерного оружия и экологическому оздоровлению планеты Земля.

9. ИНИЦИАТИВА МИНАТОМА РОССИИ

В 1978 году Президент США Джимми Картер в целях предотвращения распространения ядерных материалов, в первую очередь, плутония, выделяемого из облученного ядерного топлива АЭС, призвал страны, развивающие атомную энергетику, отказаться от такой переработки. Вместо этого, он предложил ориентироваться на технологию захоронения ОЯТ.

В жесткой конкуренции на мировом рынке высоких технологий экспортный потенциал атомной промышленности России исчерпал традиционные возможности значимого роста доходности, без чего невозможно решение накопленных в прошлые десятилетия экологических проблем, связанных с созданием ядерного оружия и ядерного флота.

Решение проблем отрасли и страны возможно только за счет новых конкурентоспособных технологий, для создания которых необходим мощный источник финансирования. Бюджет страны не может рассматриваться в качестве такого источника в виду тяжести социальных проблем.

Получение западных заемных средств невозможно из-за противодействия конкурентов, а внутренний рынок инвестиций весьма ограничен.

Реальным выходом из ситуации является прием облученного топлива зарубежных АЭС на переработку с предшествующим долговременным хранением в течение 20–40 лет. Это позволит достаточно быстро аккумулировать деньги для обновления и развития в России экологически безопасной инфраструктуры обращения с облученным ядерным топливом, в том числе и ОЯТ с российских АЭС, и получить средства для решения большинства острых экологических проблем.

За 30 лет мировая атомная энергетика использовала более 200 000 тонн ядерного топлива. При доле выработки электроэнергии на АЭС в мире – 17% ежегодно эта цифра возрастает на 11 000–12 000 тонн.

Хотя в мире не выработана единая концепция обращения с ОЯТ, ряд ведущих ядерных стран уже определили свою практику в этой области.

К числу таких стран, прежде всего, относятся Великобритания, Франция и Япония, ориентирующиеся на создание топливного цикла атомной энергетики с учетом модернизации существующих и создания новых перерабатывающих заводов в собственной стране.

В настоящее время Франция и Великобритания осуществляют наибольший объем услуг по переработке ОЯТ других стран.

Проведенный анализ показывает, что за счет реализации услуг по хранению и последующей переработке ОЯТ в течение 15 лет Россией может быть получено не менее 20 миллиардов долларов. При этом объем принимаемого зарубежного ОЯТ в России не превысит объема собственного ОЯТ.

Для реализации эффективной переработки ОЯТ, обеспечивающей безопасность персонала, населения и окружающей среды, необходимы инвестиции.

Предлагаемый подход к обращению с ОЯТ базируется на отработанных в России технологиях, реализующих следующие принципы:

1. Технологические стадии обращения должны максимально использовать естественные процессы спада активности и наиболее безопасные технологии выдержки ОЯТ (долговременное сухое хранение перед переработкой – 20–40 лет).

2. Применение технологий переработки ОЯТ, минимизирующих РАО, подлежащих окончательному захоронению. Вместо захоронения ОЯТ (98% которого составляют энергетически ценные соединения природных изотопов урана и плутония) захоранивать в десятки раз меньшие по радиологической и миграционной опасности количества РАО.

3. Радиоактивность РАО, подлежащих окончательному захоронению, должна соответствовать активности добытой урановой руды (Принцип радиационной эквивалентности захоронения).

В июле 2001 года Государственная Дума приняла, а Президент России подписал пакет законопроектов, которые определяют порядок обращения и ввоза облученного ядерного топлива иностранных государств. Принятые поправки к законам разрешают ввоз только облученного ядерного топлива и только при условии общего снижения экологических рисков за счет реализации специальных экологических программ.

Таблица 7.16. Предлагаемое распределение средств, полученных за счет реализации услуг в области обращения с ОЯТ зарубежных стран (миллионов долларов США)

Затраты будущих периодов	7800
Налоги	3300
Нужды регионов	3500
Экологические программы	3800
Модернизация ядерного топливного цикла	2600
Общая сумма	21000

На решение неотложных экологических проблем в субъектах Российской Федерации планируется затратить 168,4 миллиардов рублей (5,81 миллиардов долларов) из средств, которые предполагается получить в первую очередь от реализации проекта транспортировки, хранения и переработки зарубежных ОЯТ.

Республика Саха (Якутия), 280 миллионов рублей.

1. Реабилитация мест проведения мирных ядерных взрывов на объектах «Кристалл», «Кратон-3», на Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении.

2. Реабилитация участков проведения геологоразведочных работ на урановых месторождениях.

Удмуртская Республика, 123 миллионов рублей.

1. Реабилитация объектов и территории промышленной площадки и санитарно-защитной зоны АО «Чепецкий механический завод».

Красноярский край, 14600 миллионов рублей.

1. Вывод из эксплуатации ядерных и радиационноопасных объектов, ликвидация и консервация хранилищ радиоактивных отходов, реабилитация объектов и территории промплощадки, санитарно-защитной зоны ГХК и участков поймы реки Енисей.

2. Консервация и ликвидация цеха № 10 «Химико-металлургического завода».

Приморский край, 21300 миллионов рублей.

1. Создание промышленной инфраструктуры и комплексная утилизация атомных подводных лодок, утилизация судов атомного технологического обслуживания, вывоз облученного ядерного топлива, кондиционирование радиоактивных отходов, реабилитация объектов и территории береговых БМФ.

Архангельская область, 16800 миллионов рублей.

1. Создание промышленной инфраструктуры и комплексная утилизация атомных подводных лодок, утилизация судов атомного технологического обслуживания, вывоз облученного ядерного топлива, кондиционирование радиоактивных отходов, реабилитация территории и объектов ГМП «Звездочка» и «Севмашпредприятие» (г.Северодвинск).
2. Консервация пункта хранения радиоактивных отходов «Миронова гора».

Пермская область, 3200 миллионов рублей.

1. Ликвидация скважин и реабилитация территории проведения мирных ядерных взрывов на Осинском и Гежском нефтяных месторождениях, проведение мероприятий радиационной безопасности на объекте «Тайга», созданном групповым экскавационным ядерным взрывом.
2. Дезактивация оборудования нефтегазодобычи, загрязненного природными радионуклидами, захоронение радиоактивных отходов.

Томская область, 10230 миллионов рублей.

1. Вывод из эксплуатации ядерных и радиационноопасных объектов, ликвидация и консервация хранилищ радиоактивных отходов, реабилитация территорий промплощадки СХК и загрязненных радионуклидами участков поймы реки Томь.

Ульяновская область, 3260 миллионов рублей.

1. Вывод из эксплуатации исследовательских ядерных установок, вывоз на переработку облученного ядерного топлива, переработка и хранение радиоактивных отходов НИИАР (г. Димитровград).

Челябинская область, 24500 миллионов рублей.

1. Вывод из эксплуатации ядерных и радиационноопасных объектов, ликвидация и консервация хранилищ радиоактивных отходов, консервация открытых водоемов, использовавшихся для сброса радиоактивных отходов, реабилитация территорий промышленной площадки и в санитарно-защитной зоне ПО «МАЯК».
2. Ликвидация последствий радиационных аварий на ПО «МАЯК».
3. Реабилитация загрязненных территорий и объектов РФЯЦ-ВНИИТФ.
4. Вывод из эксплуатации хранилищ радиоактивных отходов Приборостроительного завода (г. Трехгорный).
5. Модернизация объектов производственной инфраструктуры Челябинского специального комбината «Радон».

Брянская область, 350 миллионов рублей.

1. Ликвидация последствий радиоактивных выпадений после аварии на Чернобыльской АЭС.

Калужская область, 3800 миллионов рублей.

1. Вывод из эксплуатации ядерных и радиационноопасных объектов, реабилитация объектов и территорий, вывоз облученного ядерного топлива, кондиционирование и захоронение радиоактивных отходов научных организаций г. Обнинск (ФЭИ, ИМР, ФХИ им. Карпова).

Камчатская область, 8240 миллионов рублей.

1. Создание промышленной инфраструктуры и комплексная утилизация атомных подводных лодок, утилизация судов атомного технологического обслуживания, вывоз облученного ядерного топлива, кондиционирование радиоактивных отходов, реабилитация объектов и территории береговых баз ВМФ.

Ленинградская область, 1830 миллионов рублей.

1. Вывод из эксплуатации стендовых ядерных установок, вывоз на переработку облученного ядерного топлива научных организаций.
2. Модернизация и строительство объектов производственной инфраструктуры Ленинградского специального комбината «Радон».

Мурманская область, 48300 миллионов рублей.

1. Создание промышленной инфраструктуры и комплексная утилизация атомных подводных лодок (включая аварийные), утилизация судов атомного технологического обслуживания. Вывоз

облученного ядерного топлива, кондиционирование радиоактивных отходов, реабилитация объектов и территории береговых баз ВМФ.

2. Вывод из эксплуатации и комплексная утилизация атомных ледоколов и судов обеспечения (в том числе судна «Лепсе») Мурманского морского пароходства.

3. Реконструкция и строительство объектов производственной инфраструктуры Мурманского специального комбината «Радон».

Санкт-Петербург, 830 миллионов рублей.

1. Реабилитация объектов, территорий и площадок научных центров.

Москва, 6240 миллионов рублей.

1. Реабилитация территорий, дезактивация зданий и оборудования, консервация и ликвидация хранилищ облученного ядерного топлива и радиоактивных отходов, вывод из эксплуатации и демонтаж исследовательских ядерных реакторов и критических стендов в РНЦ «Курчатовский институт».

2. Дезактивация зданий и оборудования, вывод из эксплуатации и демонтаж исследовательских ядерных реакторов и критических стендов МИФИ, МЭИ, МВТУ, ИТЭФ.

3. Дезактивация зданий и оборудования ВНИИНМ, ВНИИХТ, ИБФ.

4. Ликвидация основных очагов радиоактивного загрязнения на Московском заводе полиметаллов.

5. Строительство объектов производственной инфраструктуры Московского НПО «Радон».

Глава 8

Перспективы ядерной оружейной политики. Проблема нераспространения ядерного оружия

СОДЕРЖАНИЕ

1. КОНЦЕПЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ О ЯДЕРНОМ ОРУЖИИ	394
2. ВОЕННАЯ ДОКТРИНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ О ЯДЕРНОМ ОРУЖИИ	396
3. ДОГОВОР МЕЖДУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ И СОЕДИНЕННЫМИ ШТАТАМИ АМЕРИКИ О СОКРАЩЕНИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАСТУПАТЕЛЬНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ.....	397
4. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ США	398
4.1. Межконтинентальные баллистические ракеты (МБР).....	398
4.1.1. МБР Minuteman III	398
4.1.2. МБР MX.....	399
4.2. Атомные подводные лодки – носители БРПЛ.....	399
4.2.1. Состояние и развитие ПЛАРБ	399
4.2.2. БРПЛ Trident II	400
4.2.3. Боеголовки для БРПЛ.....	400
4.3. Стратегическая авиация.....	401
4.4. Нестратегические ядерные силы.....	401
4.5. Ядерный боезапас.....	402
5. ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ РОССИИ К 2002 ГОДУ. СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ	403
5.1. Межконтинентальные баллистические ракеты	403
5.1.1. МБР SS-18	403
5.1.2. МБР SS-19	403
5.1.3. МБР SS-24	404
5.1.4. МБР SS-25	404
5.1.5. МБР SS-27	404
5.2. Атомные подводные лодки с баллистическими ракетами	404
5.3. Бомбардировщики	405
5.4. Тактические ядерные силы.....	405
6. ИЗМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОЙ СТРАТЕГИИ США	406
6.1. Обзорный доклад Министерства обороны США о состоянии ядерных вооружений	406
6.1.1. Вклад новой триады в достижение оборонных целей.....	407
6.1.2. Создание «новой триады».....	410
6.2. Ядерное оружие малой мощности и пересмотр ядерной стратегии США	416
7. ГЛОБАЛЬНОЕ ПАРТНЕРСТВО ПО УКРЕПЛЕНИЮ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ	417
7.1. Инициатива «Группы восьми» на встрече в Кананаскисе в 2002 году	417
7.2. Нераспространение оружия массового уничтожения. Декларация «Группы восьми» на встрече в Эвиане в 2003 году	418
7.3. Глобальное партнерство против распространения оружия и материалов массового уничтожения. План действий «Группы восьми», выработанный на встрече в Эвиане в 2003 году	419
8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ПРОГРАММ ПО НЕРАСПРОСТРАНЕНИЮ, РЕАЛИЗУЕМЫХ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ США.....	421
8.1. Программы Министерства обороны.....	421
8.2. Программы Министерства энергетики.....	425
8.3. Программы Государственного департамента	431
8.4. Другие программы	434

9. УГРОЗЫ ГЛОБАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ	434
9.1. Демографический и экономический дисбаланс	435
9.2. Топливо-энергетический дисбаланс	437
9.3. Территориально-демографический дисбаланс	438
10. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ЯДЕРНОГО РАЗОРУЖЕНИЯ	442
11. ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ	445
12. СОСТОЯНИЕ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ	450
12.1. Кризис режима нераспространения	450
12.2. Угроза ядерного терроризма	451
12.3. Угрозы технологического прогресса	452
12.4. Структурные особенности ядерных оружейных и ядерных гражданских программ	453
12.5. Производство энергетического плутония	454
13. ФОРМИРОВАНИЕ НОВОЙ СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ	456
13.1. О термине «стратегическая стабильность»	456
13.2. О военно-технических критериях обеспечения стратегической стабильности	456
13.3. Некоторые особенности переходного периода	457
13.4. Новые подходы и укрепление двусторонних отношений России и США	457
13.5. Новая стратегическая стабильность	458
13.6. Конструктивные отношения в ядерной области	458

1. КОНЦЕПЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ О ЯДЕРНОМ ОРУЖИИ

10 января 2000 года Указом исполняющего обязанности Президента Российской Федерации В.В. Путина введена новая редакция концепции национальной безопасности России. Эта концепция представляет собой систему взглядов на обеспечение в Российской Федерации безопасности личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз во всех сферах жизнедеятельности. Под национальной безопасностью России понимается безопасность ее многонационального народа, как единственного источника власти в государстве.

Концепция состоит из четырех разделов:

1. Россия в мировом сообществе.
2. Национальные интересы России.
3. Угрозы национальной безопасности.
4. Обеспечение национальной безопасности.

В первом разделе отмечаются две конфронтационные тенденции в мировом развитии на современном этапе. Первая тенденция предполагает укрепление политических и экономических позиций различных государств и их объединений, совершенствуя механизмы многостороннего управления международными процессами. Вторая тенденция предполагает создание жесткой структуры международных отношений с доминирующей ролью развитых стран Запада и, прежде всего, США.

Россия будет способствовать формированию идеологии становления многополярного мира.

Формирование международных отношений сопровождается конкуренцией. В связи с этим значение военно-силовых аспектов в международных отношениях продолжает оставаться существенным. Во втором разделе концепции определяется, что национальные интересы России – это совокупность сбалансированных интересов личности, общества и государства в экономической, внутриполитической, социальной, международной, информационной, военной, пограничной, экологической и других сферах. Эти интересы носят долгосрочный характер и определяют основные цели, стратегические и текущие задачи политики государства. Национальные интересы обеспечиваются институтами государственной власти, осуществляющими свои функции, в том числе во взаимодействии с общественными организациями.

Концепция определяет содержание национальных интересов России в каждом виде указанных сфер. Национальные интересы России в военной сфере заключаются в защите ее независимости, суверенитета, государственной и территориальной целостности, в предотвращении военной агрессии против России и ее союзников, в обеспечении условий для мирного демократического развития государства.

Национальные интересы России в международной сфере заключаются, в частности, в обеспечении суверенитета и укреплении позиций России, как великой державы, – одного из влиятельных центров многополярного мира.

К основным видам внутренних и внешних угроз национальной безопасности России относятся:

- неудовлетворительное состояние отечественной экономики;
- несовершенство системы организации государственной власти и гражданского общества;
- социально-политическая поляризация общества;
- криминализация общественных отношений;
- рост организованной преступности и терроризма;
- обострение межнациональных отношений;
- ухудшение международного положения.

Концепция определяет основные угрозы национальной безопасности в различных сферах. Так, например, основные угрозы национальной безопасности России в международной сфере обусловлены:

- стремлением ряда государств и их объединений снизить роль существующих механизмов обеспечения международной безопасности, прежде всего ООН и ОБСЕ;
- ослаблением политического, экономического и военного влияния России в мире;
- укреплением военно-политических блоков и союзов, прежде всего расширением НАТО к границам России;
- возможностью появления в непосредственной близости от российских границ иностранных военных баз и крупных воинских контингентов;
- распространением оружия массового поражения и средств его доставки;
- ослаблением интеграционных процессов в СНГ;
- возникновением эскалации конфликтов вблизи границы России и внешних границ СНГ;
- притязаниями на территорию Российской Федерации.

Угрозы национальной безопасности России в международной сфере проявляются, в частности, в попытках других государств противодействовать укреплению России как одного из центров влияния в многополярном мире, ослабить ее позиции в зонах ее традиционного влияния.

Усилению негативных тенденций в военной сфере способствует затянувшийся процесс реформирования военной организации и оборонного комплекса Российской Федерации, недостаточное финансирование национальной обороны и несовершенство нормативно-правовой базы.

Основными задачами в области обеспечения национальной безопасности являются:

- выявление внешних и внутренних угроз;
- оперативные и долгосрочные меры по предупреждению и нейтрализации внутренних и внешних угроз;
- обеспечение суверенитета и территориальной целостности России;
- подъем экономики страны;
- проведение независимого и социально ориентированного экономического курса;
- преодоление научно-технической и технологической зависимости от внешних источников;
- совершенствование системы государственной власти, межнациональных отношений, общественных отношений, обеспечение личной безопасности, конституционных прав и свобод;
- обеспечение равноправного сотрудничества в международной области;
- подъем и поддержание на достаточном уровне военного потенциала;
- укрепление режима нераспространения оружия массового поражения и средств его доставки.

В концепции отмечается, что обеспечение военной безопасности России является важнейшим направлением деятельности государства. Главной целью в данной области является обеспечение возможности адекватного реагирования на угрозы, которые могут возникнуть в XXI веке при рациональных затратах на национальную оборону.

В предотвращении войн и вооруженных конфликтов Россия отдает предпочтение невоенным средствам. Однако национальные интересы требуют наличия достаточной для ее обороны военной мощи. Важнейшей задачей является осуществление сдерживания в интересах предотвращения агрессии любого масштаба, в том числе с применением ядерного оружия. Россия должна обладать ядерными силами, способными гарантированно обеспечить нанесение заданного ущерба любому государству-агрессору или коалиции государств в любых условиях. При этом отмечается, что политика России должна быть направлена на достижение прогресса по контролю над ядерным вооружением, поддержание стратегической стабильности на основе выполнения государствами своих международных обязательств. Подчеркивается необходимость выполнения взаимных обязательств в области сокращения и ликвидации оружия массового поражения, адаптации существующих соглашений по контролю над вооружением и разоружением к новым условиям международных отношений, необходимость разработки новых соглашений, в первую очередь, по мерам укрепления доверия и безопасности.

2. ВОЕННАЯ ДОКТРИНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ О ЯДЕРНОМ ОРУЖИИ

21 апреля 2000 года Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина была утверждена Военная доктрина Российской Федерации. Этот документ состоит из введения, трех основных разделов и заключения. Основные разделы рассматривают военно-политические, военно-стратегические и военно-экономические основы обеспечения военной безопасности Российской Федерации и ее союзников.

В разделе «Военно-политические основы»:

- характеризуется содержание военно-политической обстановки. Применительно к ядерному оружию отмечается:
 - снижение угрозы развязывания мировой войны, в том числе ядерной;
 - распространение ядерного оружия и других видов оружия массового поражения, а также средств их доставки);
- определяются основные угрозы военной безопасности;
- определяются задачи и принципы обеспечения военной безопасности. Применительно к ядерному оружию отмечается, что:
 - РФ сохраняет статус ядерной державы для сдерживания (предотвращения) агрессии против нее или ее союзников;
 - РФ выполняет свои взаимосвязанные обязательства по СНВ и ПРО, она готова к дальнейшему сокращению своего ядерного оружия на двусторонней основе с США, а также на многосторонней основе с другими ядерными государствами до минимальных уровней, отвечающих требованиям стратегической стабильности);
- определяется руководство обеспечением военной безопасности государства;
- характеризуется военная организация государства. Применительно к ядерному оружию отмечается:
 - Вооруженные Силы Российской Федерации имеют на оснащении ядерное оружие;
 - Российская Федерация рассматривает ядерное оружие как фактор сдерживания, обеспечения военной безопасности Российской Федерации и ее союзников, поддержания международной стабильности и мира;
 - Российская Федерация исходит из необходимости обладать потенциалом ядерного сдерживания, способным гарантированно обеспечить нанесение заданного ущерба любому государству-агрессору либо коалиции государств в любых условиях обстановки;
 - Российская Федерация оставляет за собой право на применение ядерного оружия в ответ на использование против нее и ее союзников ядерного и других видов оружия массового поражения, а также в ответ на широкомасштабную агрессию с применением обычного оружия в критических ситуациях для национальной безопасности Российской Федерации и ее союзников.)
- определяются принципы и направление строительства и подготовки военной организации государства.

В разделе «Военно-стратегические основы»:

- рассматривается характер войн и вооруженных конфликтов;
- определяются основы применения Вооруженных Сил;
- формулируются задачи Вооруженных Сил (к основным задачам относятся, в частности:
 - поддержание состава, состояния, боевой и мобилизационной готовности и подготовки стратегических ядерных сил, сил и средств, обеспечивающих их функционирование и применение, а также систем управления на уровне, гарантирующем нанесение заданного ущерба агрессору в любых условиях обстановки).

—

В разделе «Военно-экономические основы»:

- определяется содержание военно-экономического обеспечения военной безопасности (раздел, в частности, предусматривает:
 - государственную поддержку предприятий (производств) и организаций (учреждений), определяющих военно-техническую и технологическую устойчивость оборонного промышленного комплекса, а также закрытых административно-территориальных образований и градообразующих предприятий;
 - развитие научно-технической и экспериментальной базы оборонных отраслей промышленности, их научно-исследовательских и опытно-конструкторских учреждений и организаций);
- определяется содержание международного военного и военно-технического сотрудничества.

В заключении подчеркивается, что:

- Российская Федерация подтверждает сугубо оборонительную направленность своей деятельности по обеспечению военной безопасности, принципиальную приверженность целям предотвращения войн и вооруженных конфликтов, их устранения из жизни человечества, всеобъемлющего разоружения, ликвидации военных блоков, решимость добиваться создания региональных и глобальной систем общей и всеобъемлющей безопасности, формирования сбалансированного, равноправного многополюсного мира.

3. ДОГОВОР МЕЖДУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ И СОЕДИНЕННЫМИ ШТАТАМИ АМЕРИКИ О СОКРАЩЕНИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАСТУПАТЕЛЬНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

24 мая 2002 года Президент России В.В. Путин и Президент США Джордж Буш подписали Договор о сокращении стратегических наступательных потенциалов, который явился новым важным шагом в ограничении стратегических ядерных сил России и США.

Российская Федерация и Соединенные Штаты Америки, ниже именуемые Сторонами, вступая на путь новых отношений в новом столетии и будучи приверженными цели укрепления их взаимоотношений путем сотрудничества и дружбы,

считая, что новые глобальные вызовы и угрозы требуют создания качественно новой основы стратегических отношений между Сторонами,

стремясь к установлению подлинного партнерства, основанного на принципах обоюдной безопасности, сотрудничества, доверия, открытости и предсказуемости,

будучи приверженными осуществлению значительных сокращений стратегических наступательных вооружений,

отталкиваясь от совместных заявлений президента Российской Федерации и президента Соединенных Штатов Америки по стратегическим вопросам 22 июля 2001 года в Генуе и о новых отношениях между Россией и США 13 ноября 2001 года в Вашингтоне,

учитывая свои обязательства по Договору между Союзом Советских Социалистических Республик и Соединенными Штатами Америки о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений от 31 июля 1991 года, ниже именуемому Договором о СНВ,

учитывая свои обязательства по статье VI Договора о нераспространении ядерного оружия от 1 июля 1968 года и

будучи убежденными, что настоящий Договор будет способствовать созданию более благоприятных условий для активного содействия безопасности и сотрудничеству и укрепления международной стабильности,

согласились о нижеследующем:

Статья I

Каждая из Сторон сокращает и ограничивает стратегические ядерные боезаряды, как об этом заявил президент Российской Федерации 13 ноября 2001 года и 13 декабря 2001 года, и как об этом заявил президент Соединенных Штатов Америки 13 ноября 2001 года, соответственно, таким образом, чтобы к 31 декабря 2012 года суммарное количество таких боезарядов не превышало у каждой из Сторон количество в 1700–2200 единиц. Каждая из Сторон сама определяет состав и структуру своих стратегических наступательных вооружений, исходя из установленного суммарного предела для количества таких боезарядов.

Статья II

Стороны согласны, что Договор о СНВ остается в силе в соответствии с его положениями.

Статья III

Для целей реализации настоящего Договора Стороны созывают двустороннюю комиссию по выполнению не реже двух раз в год.

Статья IV

Настоящий Договор подлежит ратификации в соответствии с конституционными процедурами каждой из Сторон. Настоящий Договор вступает в силу в день обмена ратификационными грамотами.

Настоящий Договор остается в силе до 31 декабря 2012 года и может быть продлен по согласованию Сторон или заменен ранее этого срока последующим соглашением.

Каждая из Сторон в осуществление своего государственного суверенитета может выйти из настоящего Договора, письменно уведомив другую Сторону об этом за три месяца.

Статья V

Настоящий Договор будет зарегистрирован в соответствии со статьей 102 Устава Организации Объединенных Наций.

4. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ США

4.1. Межконтинентальные баллистические ракеты (МБР)

4.1.1. МБР Minuteman III

Реализация программы по усовершенствованию ракет Minuteman III продолжается. В рамках этой программы был достигнут ряд новых результатов:

- системы оповещения о ракетном нападении были оборудованы панелями управления Rapid Execution и Combat Targeting;
- программа по замене систем наведения (Guidance Replacement Program), реализуемая в данный момент, позволит обеспечить эксплуатацию систем наведения после 2020 года и довести точность попадания Minuteman III до уровня, приблизительно равного точности современной МБР MX: круговое вероятное отклонение – 100 метров. На уровень начальной боевой готовности новая система наведения была выведена в августе 2000 года. Стоимость этой программы, которая по графику должна быть выполнена к 2008 году, составит 1,3 миллиарда долларов;

- программа замены силовых установок (Propulsion Replacement Program) включает в себя «перезаправку» первой и второй ступеней новейшим твердым топливом с использованием современных технологий связывания (bonding technologies), а также замену устаревших или экологически опасных материалов и элементов. В 2001 году топливо будет заменено в девяти ракетах, а в течение следующих трех лет – в 33, 86 и 96 ракетах.

Первое успешное испытание ракетного двигателя первой ступени было проведено на полигоне для испытания силовых установок Thiokol, штат Юта, в октябре прошлого года. В 2001 году военно-воздушные силы планируют начать реализацию контракта стоимостью 1,6 миллиарда долларов США продолжительностью до сентября 2008 года на организацию полномасштабного производства по Программе замены силовых установок.

Первая ракета после переоснащения – с новой системой наведения и новой силовой установкой – была успешно запущена 13 ноября 1999 года с базы BBC Vandenberg по направлению к ракетному полигону Kwajalein. В 2000 году были осуществлены три испытательных пуска переоснащенных ракет Minuteman III. 9 июля была испытана ракета, оборудованная тремя холостыми боеголовками и пролетевшая приблизительно 4200 миль за 30 минут, поразив цель на полигоне Kwajalein.

4.1.2. МБР MX

Ракета MX оснащена боеголовкой W87. В рамках Договора СНВ-2 все находящиеся на вооружении ракеты MX, размещенные на базе BBC F.E. Warren в Вайоминге, должны быть сняты с вооружения к 2007 году. Две из 16 ракет, снятие с вооружения которых было запланировано на этот год, были «ликвидированы» в январе. В Соединенных Штатах ракета MX считается ликвидированной после демонтажа верхней ступени; США оставляют за собой право использовать оставшуюся часть ракеты в качестве пусковой платформы для «спутников и прочих устройств». Россия выступает за полный демонтаж ракет.

Несмотря на планирующееся снятие с вооружения ракет MX, их летные испытания продолжают в рамках программы развития и оценки вооруженных сил (Force Development and Evaluation Program). 8 марта 2000 года ракета MX была отобрана из арсенала находящихся на вооружении ракет и запущена с базы BBC Vandenberg. Ракеты MX могут доставлять до 10 боеголовок каждая, но испытательные пуски, как правило, проводятся с шестью боеголовками. Сейчас реализуется программа расширения технического ресурса боеголовок W87 на 40 лет, предположительно, для их использования в ракетах Trident II. Рассматривается также возможность использования боеголовок W87 для оснащения МБР Minuteman III после перехода на моноблочное оснащение этих МБР.

4.2. Атомные подводные лодки – носители БРПЛ

4.2.1. Состояние и развитие ПЛАРБ

На данный момент флотилия носителей БРПЛ США состоит из восемнадцати подводных лодок класса Ohio. К 2006 году все баллистические ракеты подводного базирования Trident I планируются заменить имеющими большую дальность и более точными ракетами Trident II D5.

Из восьми ПЛАРБ, приписанных к порту Bangor, штат Вашингтон, четыре самых старых – Ohio, Michigan, Florida и Georgia – будут освобождены от выполнения ядерных функций к 2003 году. Большая часть из 24 пусковых установок будет модифицирована для принятия контейнеров, содержащих крылатые ракеты Tomahawk, а также для использования некоторых ракет Trident, оснащенных неядерным оружием, или баллистической ракетой малого радиуса действия, которая сейчас разрабатывается и называется «тактическая ракетная система ВМФ». При полной конверсии 22 пусковых установок для крылатых ракет с каждой подводной лодки можно будет выпускать до 154 крылатых ракет Tomahawk, оснащенных разнообразными боеголовками обычного типа. Две оставшиеся пусковые установки будут переделаны таким образом, чтобы обеспечить доступ 66 бойцов войск специального назначения на две миниатюрные подводные лодки под названием «Современная система доставки SEAL» для выполнения секретных операций в мелких водах и при десантных операциях. Эти мини-ПЛ будут присоединены к палубе подводной лодки класса Ohio при помощи двух стартовых труб БРПЛ.

Оставшиеся четыре ПЛАРБ будут модернизированы для размещения на них БРПЛ Trident II D5. Первая из них, Alaska, прибыла на морскую верфь на капитальный ремонт и переоборудование в апреле 2000 года.

Чтобы выполнить требования положений Договора СНВ-2, военно-морским силам придется сократить количество боеголовок в каждой ракете или вывести из эксплуатации лишние подводные лодки – либо сделать то и другое вместе. По действующему на сегодняшний день графику количество боеголовок на баллистических ракетах подводного базирования к концу 2004 не должно превышать 2160, а к концу 2007 года – 1750. Если по Договору СНВ-3 будет достигнута договоренность об ограничении количества развернутых стратегических боеголовок до 2000–2500, то на долю военно-морского флота, скорее всего, придется около половины. Это будет означать сокращение ядерного стратегического подводного флота до 10–12 ПЛАРБ, в зависимости от количества боеголовок на одну ракету.

Хотя строительство подводных лодок нового класса пока не планируется, ВМФ надеется вернуть новый класс ПЛАРБ к 2025 году. Чтобы успеть к этому сроку, ВМФ выставил запрос о выделении денежных средств для этих целей, начиная с 2014 года. А тем временем, технический ресурс подводных лодок класса Огайо был увеличен с 30 до 42 лет.

4.2.2. БРПЛ Trident II

В октябре 2000 года с компанией Lockheed Martin был заключен контракт на сумму 500 миллионов долларов на производство 12 ракет Trident II D5 за период с 2001 по 2003 год. На декабрь 1999 года ВМФ закупил 372 ракеты Trident II, но поскольку Обзор состояния ядерных вооружений, подготовленный в 1994 году, (1994 Nuclear Posture Review – NPR) предусматривал переоснащение четырех атомных подводных лодок ракетами Trident II, общее количество закупаемых ракет возросло с 390 до 453 штук, а затраты на их производство увеличились на 2,2 миллиарда долларов. В целях НИОКР дополнительно были приобретены двадцать восемь ракет. Общая стоимость программы Trident II составляет 27,2 миллиарда долларов, то есть по 60 миллионов долларов за одну ракету.

Программа испытаний Trident II прошла успешно: из 112 летных испытаний, проведенных с 1987 года, только пять были неудачными, а начиная с декабря 1989 года в рамках программы подряд было проведено 90 успешных запусков, что сделало Trident II самой надежной стратегической ракетой за всю историю.

Несмотря на то, что первоначально планировалось начать снятие с эксплуатации ракет Trident II в 2019 году, сейчас проводятся работы по увеличению ее технического ресурса. Модернизированная ракета, которая считается скорее «вариантом» существующей модели D5, чем новой ракетой, получит обозначение D5A. Начало финансирования этих работ намечено на 2005 год, а закупка двигателей – на 2010–2012 годы. Производство планируется начать в 2015 году. Планируется строительство приблизительно 300 ракет Trident II D5A, что достаточно для оснащения 12 подводных лодок.

4.2.3. Боеголовки для БРПЛ

Начиная с 1976 года, отделом ракетных и космических операций компании Lockheed Martin было произведено более 5000 комплектов для сборки боевых частей Mk-4 для ВМС США и Великобритании. Для того, чтобы боевые части W76/Mk-4 могли обеспечивать боевые действия атомных подводных лодок до 2040 года, программу расширения технического ресурса планируется реализовывать до 2020 года, включительно.

Боевая часть Mk-5 оборудована боеголовкой W88, самой современной боеголовкой в арсенале США. Производство W88 было остановлено в 1989 году, после того, как было изготовлено около 400 боеголовок, когда заводу Rocky Flats Plant пришлось прекратить свою деятельность из соображений безопасности и экологии.

В феврале 1992 года президент Джордж Буш объявил о прекращении производства W88. Тем не менее, в 1999 году на объекте TA-55 Лос-Аламосской Национальной Лаборатории возобновилось мелкосерийное производство плутониевых зарядов для этой боеголовки, чтобы компенсировать заряды, разрушенные во время испытаний на надежность. К февралю 2000 года было произве-

дено всего четыре «опытных заряда». На сегодняшний день, на установке ТА-55 планируется изготавливать 20 зарядов в год, начиная с 2007 года, с увеличением объема производства в перспективе до 50 зарядов.

4.3. Стратегическая авиация

Планируется, что тяжелый бомбардировщик В-52Н останется на вооружении до 2044 года. В дополнение к аттестации личного состава передовой линии ВВС в 1997 году Пентагон принял решение провести аттестацию штатных сотрудников служб резерва ВВС, отвечающих за тыловую поддержку ядерных военных планов.

Крылатые ракеты воздушного базирования оснащены боеголовкой W80-1. Несмотря на то, что в состоянии боеготовности находятся только 400 крылатых ракет воздушного базирования, еще сотни таких ракет находятся в резерве. По данным ВВС, всего на вооружении находится 1142 ALCM, то есть по сравнению с мартом 1997 их количество сократилось на 251. Такое уменьшение стало результатом перевода некоторых крылатых ракет воздушного базирования на выполнение неядерных функций оружия обычного типа. Двести крылатых ракет ALCM находятся на долгосрочном хранении.

Усовершенствованная крылатая ракета также оснащена боеголовкой W80-1. Первоначально Пентагон планировал изготовить 1461 АСМ, но в 1992 году он объявил, что производство будет остановлено после изготовления 640 ракет.

Сейчас в рамках программ, реализация которых рассчитана до 2030 года, ведутся работы по расширению технического ресурса как ракет АСМ, так и ALCM.

Летные испытания крылатых ракет осуществлялись пуском с самолетов В-52Н на базах ВВС Barksdale, штат Луизиана, и Minot, штат Северная Дакота. Около шести испытаний проводятся ежегодно на учебно-испытательном полигоне в Юте и испытательном полигоне Топорах в Неваде.

Бомбардировщик В-2, первый образец которого был поставлен на базу ВВС Whiteman, штат Миннесота, 17 декабря 1993 года, планируется снять с эксплуатации приблизительно в 2040 году. Реализация программы доработки бомбардировщика началась в 1998 году.

Конструкцией бомбардировщика В-2 предусматривается доставка ядерных и обычных боеприпасов в различных комбинациях. Его ядерное снаряжение включает авиабомбы В61-7, В61-11 и В83. Бомбардировщик В-2 называют единственным средством доставки новой ядерной бомбы заглубляющегося типа В61-11, поставленной на вооружение в ноябре 1997 года. Бомбардировщики В-2 могут доставлять либо бомбы В83, либо бомбы В61: доставка обеих бомб одновременно невозможна.

Бомбардировщик В-1В в составе стратегической ядерной авиации отсутствует, поскольку из него сделали носитель для боеприпасов обычного типа. 1 октября 1997 года этот самолет был официально исключен из Единого комплексного оперативного плана (Single Integrated Operational Plan). Тем не менее, чтобы избежать противоречий с Директивой по оборонному планированию на 1999–2002 годы (Defense Planning Guidance for 1999–2002), применительно к В-1В Военно-воздушные силы проводят программу под названием «План перераспределения ядерных задач» (Nuclear Rerole Plan) на случай, если он потребуется для ведения боевых действий с применением ядерного оружия. Самолеты В-1В не проходят проверок на ядерную безопасность и не могут принимать участие в учениях по отработке действий войск в условиях применения ядерного оружия. В Договоре СНВ-2 предусматривается однократное ядерное перевооружение обычных бомбардировщиков В-1В, и в этом случае допускается их «боевая загрузка» шестнадцатью боеголовками. Из исходного количества бомбардировщиков В-1В осталось 93. Замена бомбардировщика В-1В намечена на 2038 год.

4.4. Нестратегические ядерные силы

Несмотря на то, что количество нестратегических ядерных боеприпасов резко уменьшилось после окончания Холодной войны, исследование, проведенное Пентагоном в 1998 году, показало, что значительного сокращения тактических вооружений допускать нельзя из-за наличия крупного арсенала такого оружия у России и ее очевидной зависимости от него.

В русле общей тенденции к консолидации ядерно-оружейных средств крылатые ракеты Tomahawk, оснащенные боеголовками W80-0, сейчас находятся на хранении на базе в Кингз Бэй (King's Bay), штат Джорджия.

В Обзоре состояния ядерных вооружений (NPR) впредь не предусматривается снаряжение надводных судов ядерными ракетами Tomahawk. Тем не менее, была сохранена возможность устанавливать ракеты на ударных подводных лодках. В то время как большинство ударных подводных лодок США во времена «холодной войны» были снаряжены ядерными боеприпасами, их основная часть сегодня освобождена от выполнения функций средств доставки ядерного оружия. В составе Тихоокеанского флота США регулярную аттестацию на право работы с ядерным оружием проходят менее половины ударных подводных лодок. Операции с применением ракет Tomahawk вошли в план проведения ежегодных ядерных учений Стратегического командования (STRATCOM) Global Guardian.

По оценкам зарубежных экспертов, в семи европейских странах на десяти военно-воздушных базах размещены 150 тактических бомб B61, предназначенных для использования при реализации ядерных планов НАТО. В 1990–1998 годах для хранения ядерного оружия эти базы были оборудованы системой обеспечения безопасности (Weapons Storage and Security System). Действующей сегодня программой предусматривается модернизация этих хранилищ до 2005 года, что обеспечит работу этих систем до осени 2018 года.

На военно-воздушных базах в штатах Невада и Нью-Мексико хранится запас бомб B61 для самолетов фронтовой авиации F-16A/B/C/D Fighting Falcon, F-15E Strike Eagle и F-117A Nighthawk. Несмотря на то, что F-117A считается самолетом, способным доставлять ядерное оружие, по сравнению с другими самолетами его поддерживают на низком уровне готовности к выполнению операций с использованием ядерного оружия. Ожидается, что замена всех самолетов F-15, F-16 и F-117A самолетами F-22 и Joint Strike Fighter (JSF) произойдет приблизительно в течение следующих десяти лет. Самолет F-22 не будет использоваться как носитель ядерного оружия, однако, несколько самолетов JSF, в соответствии с планами BBC, будут обладать такой функцией.

В соответствии с распоряжением, подписанным президентом Клинтоном в ноябре 1997 года, степень готовности к боевому применению ядерного оружия базирующихся в США самолетов двойного назначения была снижена. Тем не менее, состояние всех самолетов поддерживается на уровне способности к развертыванию в боевой порядок в любой точке мира на «любом театре военных действий», а истребители-бомбардировщики регулярно принимают участие в учениях STRATCOM Global Guardian.

4.5. Ядерный боезапас

В дополнение к активному арсеналу в начале 1990 года с целью создания резерва боеголовки на случай, если ожидания, связанные с контролем над вооружениями, не оправдаются, был организован «неактивный арсенал» (или «страховой резерв»). В неактивном резерве числятся также боеголовки, которые используются для контроля качества и испытаний на надежность.

После того, как в связи с реализацией договоров по контролю над вооружениями количество боеприпасов активного арсенала сократилось, неактивный арсенал, который не подпадает под действие этих договоров, значительно вырос, и его общая численность составляет около 10000 единиц. Большая часть боеприпасов, утративших статус активных по Договору СНВ-1, перейдет в неактивный арсенал, чтобы соответствовать требованиям Обзора состояния ядерных вооружений (NPR). В результате, если только около 5% всего арсенала до вступления в силу Договора СНВ-1 относилось к категории неактивного, после заключения Договора СНВ-2 неактивный арсенал может вырасти до 50% или более.

5. ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ РОССИИ К 2002 ГОДУ. СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

В данном разделе приведены данные о состоянии ядерных сил России по работе американских экспертов из неправительственной организации Natural Resources Defense Council.

По состоянию на середину 2002 года ядерный арсенал России, по оценкам, насчитывал 8400 боеспособных зарядов: почти 5000 ядерных зарядов (ЯЗ), установленных на стратегических носителях, около 3400 ЯЗ – боеприпасы нестратегического назначения. Эти цифры указывают на сокращение за прошедший год на 600 единиц ЯЗ МБР и ракет морского базирования, а также приблизительно на 200 единиц тактических ядерных боеприпасов.

Реальное число российских ядерных боеприпасов оценивается приблизительно в 18000 единиц. Остальная часть – вооружения нестратегического назначения – находится на хранении; часть из них предназначена для разборки, другие, возможно, будут оставлены в качестве резерва в расчете на повторное развертывание.

В декабре 2001 года истек срок, установленный Договором СНВ-1, когда Россия должна была достигнуть договорного числа боеприпасов в 6000 единиц. Задача была даже перевыполнена: по данным Госдепартамента, на российских МБР, ракетах морского базирования и тяжелых бомбардировщиках находились приблизительно 5520 боеголовок.

В 2000 году президент В.В. Путин объявил, что Россия заинтересована в сокращении стратегических боеголовок до 1500 единиц и менее. В мае 2002 года президенты Буш и Путин договорились о сокращении к концу 2012 года числа «находящихся в состоянии боеготовности» боеголовок до 1700–2200 единиц. Вероятнее всего, российские ядерные арсеналы достигнут этого уровня (а возможно, и меньшего) значительно раньше, поскольку внимание России переключается с ядерных на неядерные вооружения. В июне стратегические ракетные войска, в течение долгого времени бывшие ведущим элементом советских и российских вооруженных сил, были переведены в разряд рода войск. По всем признакам, ракетно-стратегические войска могут быть переданы в подчинение ВВС.

5.1. Межконтинентальные баллистические ракеты

5.1.1. МБР SS-18

В меморандуме, подготовленном в сентябре 1990 года в рамках Договора СНВ-1, говорилось, что в России было размещено 204 ракеты SS-18: 30 в Алейске, 64 в Домбаровском, 46 в Карталы, 64 в Ужуре. Еще 104 ракеты были размещены в Казахстане на двух ракетных базах. По договору, число боеголовок на МБР к декабрю 2001 года должно быть сокращено до 1540 единиц. Это означает, что общее количество ракет SS-18 должно было уменьшиться вдвое.

Россия перевыполнила это обязательство. С боевого дежурства в России снято 60 ракет; таким образом, осталось 144 МБР: 52 – в Домбаровском, 46 – в Карталы, 46 – в Ужуре. После 37 лет службы в апреле 2001 года был расформирован ракетно-стратегический дивизион в Алейске, а 30 ракетных шахт были уничтожены.

По Договору СНВ-2 запрещались все тяжелые МБР, оснащенные боеголовками РГЧ ИН. Поскольку СНВ-2 так и не вступил в силу, и новый, более свободный договор, подписанный в мае 2002 года, заменил его, Россия может сохранить ракеты SS-18, оснащенные разделяющимися боеголовками, хотя маловероятно, что из-за ограниченного срока эксплуатации ракеты будут оставаться на вооружении в течение длительного времени.

В настоящее время на вооружении стоят два варианта ракет SS-18: РС-20Б и более новая РС-20В.

5.1.2. МБР SS-19

В меморандуме от сентября 1990 года указывалось, что в России на вооружении находилось 170 ракет SS-19: 60 – в Козельске, 110 – в Татищеве. Еще 130 ракет находились на базах на Украине. Тридцать три ракеты в Татищеве были заменены новыми SS-27, которые размещены в шахтах ракет SS-19. По Договору СНВ-2, Россия могла оставить на вооружении до 105 МБР SS-19, осна-

щенных одной боеголовкой (вместо шести в настоящее время). Сейчас Россия может сохранить все SS-19 с несколькими разделяющимися боеголовками, хотя их срок эксплуатации ограничен.

5.1.3. МБР SS-24

В соответствии с меморандумом от сентября 1990 года на вооружении российской армии состояли 46 ракет SS-24: 10 в стационарном варианте и 36 в мобильном варианте (железнодорожный). Еще 46 ракет базировались на Украине; они были демонтированы к середине 1996 года. Десять ракет стационарного базирования были сняты с вооружения в 2000 году и заменены новыми SS-27 в шахтах. 36 ракет SS-24М в мобильном варианте остаются на дежурстве в Бершети, Костроме и Красноярске, хотя существуют планы их демонтажа.

5.1.4. МБР SS-25

Российские ракеты железнодорожного базирования SS-25 с одной боеголовкой известны под названием «Тополь». В России в 10 районах развернуто 360 ракет SS-25. Формирование новых дивизионов SS-25 (по 9 ракет в каждом) закончилось к 1997 году, когда Россия перешла на производство и развертывание следующего поколения ракет – «Тополь-М» или SS-27.

5.1.5. МБР SS-27

Летные испытания ракеты начались 20 декабря 1994 года. Две ракеты шахтного базирования были поставлены на «пробное дежурство» в декабре 1997 года на ракетной базе в Татищево. Один полк, оснащенный 10 ракетами, был сформирован в декабре 1998 года, второй, еще с 10 ракетами – в декабре 1999 года. В декабре 2000 года было начато формирование третьего полка, но всего с 4 ракетами вместо 10 из-за сокращения финансирования. Еще пять ракет были развернуты в 2001 году, и количество ракет SS-27 достигло 29 единиц. Ракеты размещаются в освободившихся шахтах в Татищево.

В 1998 году командование ракетно-стратегических войск планировало ставить на вооружение 20–30 новых ракет SS-27 в год в течение трех лет и по 30–40 ракет в течение трех последующих лет, однако планы значительно изменились. В текущем году могут быть развернуты только 6 SS-27. К концу 2005 года, вероятнее всего, будут развернуты 50–60 ракет SS-27, что существенно меньше 160–220 МБР, запланированных ранее.

5.2. Атомные подводные лодки с баллистическими ракетами

В меморандуме 1990 года указывалось, что Россия имела 62 атомные подводные лодки с баллистическими ракетами. К концу 2001 года боеспособными считаются 14: 6 ПЛ «Дельта-III», 6 ПЛ «Дельта-IV» и две ПЛ «Тайфун». Из шести ПЛ «Тайфун» (на 1990 год) одна была разобрана в 2001 году, вторая запланирована к разборке, а две, по всей видимости, находятся в нерабочем состоянии. Если не будут выделены средства или не найдена замена для стареющих ракет SS-N-20 морского базирования, могут быть сняты с вооружения и остальные две лодки «Тайфун».

Из 14 лодок «Дельта-III» (на 1990 год) 7 были сняты с вооружения, а одна переоборудована в глубоководный спасательный аппарат.

Из 7 «Дельта-IV» (на 1990 год) одна снята с вооружения; в 1999 году было принято решение о возобновлении производства ракет класса SS-N-23. Есть данные, что рассматривается новый вариант этой ракеты, способный нести 10 боеголовок. Пока эта БРПЛ оснащена 4 боеголовками. Предпринимаются также шаги по увеличению срока эксплуатации стоящих на вооружении SS-N-23.

Ракеты морского базирования состоят на вооружении Северного флота на Кольском полуострове (в Нерпичьем и в Ягельном) и Тихоокеанского флота (в Рыбачьем) на Камчатке.

Подводная лодка нового класса «Борей» была заложена в ноябре 1996 года. Однако строительство в 1998 году было прервано, и подводная лодка модернизируется под новую ракету. Командование российских ВМС надеется получить полностью заверченный корабль к 2005 году, однако пока неясно, будут ли выделены средства на завершение его строительства.

Экономические сложности, сокращение численности АПЛ с БРПЛ и проблемы безопасности привели к значительному сокращению числа выходов в море АПЛ. По данным ВМС США, в Рос-

сии в 1991 году было осуществлено 37 выходов АПЛ с МБР на борту; в 2001 году – только один. Следует отметить, однако, что с некоторых ПЛ пуск ракет может быть произведен и в порту.

5.3. Бомбардировщики

Стратегические бомбардировщики являются частью 37-й Армии российских ВВС. В соответствии с меморандумом от 31 января 2002 года бомбардировщики Ту-95 размещены на трех авиабазах: Украинка (41 самолет), в Энгельсе (18 самолетов) и в Рязани (4 самолета).

По данным меморандума, 15 самолетов Ту-160 находятся в Энгельсе. Восемь из них были перебазированы с Украины в конце 1999 года и в начале 2000 года в уплату украинского долга России за природный газ. Информация о техническом состоянии этих самолетов неточная, однако, по сведениям, они нуждаются в ремонте и переоборудовании. В мае 2000 года Казанский авиационный завод поставил российским ВВС 1 самолет Ту-160. Если будет поддерживаться постоянный уровень производства, численность Ту-160 может быть увеличена. Хотя в 2001 году финансирование было сокращено, в настоящее время строятся еще три самолета Ту-160, один из которых может быть направлен в Вооруженные силы в конце текущего года или в начале 2003 года. Есть планы по модернизации и увеличению срока эксплуатации старых самолетов Ту-160, о чем сказал Главнокомандующий ВВС Владимир Михайлов; это позволит устанавливать на них неядерные и ядерные боеприпасы нового типа.

14 февраля 2001 года 2 самолета Ту-160 совершили полет вдоль северной границы Норвегии, а 4 самолета средней дальности Ту-22 совершали полеты вблизи воздушного пространства Японии. В результате этих полетов Норвегия была вынуждена поднять истребители-перехватчики, а Япония – направить протест в связи с возможным нарушением своего воздушного пространства.

В сентябре 2001 года должны были начаться широкомасштабные учения в воздушном пространстве над Тихоокеанской акваторией с участием стратегических и тактических бомбардировщиков Ту-160, Ту-95 и Ту-22. Самолеты Ту-160 были замечены в Аляске. США и Канада направили в район учений дополнительные истребители-перехватчики для наблюдения, однако, по просьбе американского правительства, российское Министерство обороны отменило учения после атаки террористов 11 сентября, с тем, чтобы исключить возможные инциденты, связанные с присутствием российских самолетов у американских границ.

5.4. Тактические ядерные силы

В октябре 1991 года и в январе 2002 года в рамках инициатив президентов России и США Россия объявила, что предпримет в одностороннем порядке ряд шагов, направленных на уничтожение некоторых видов тактических ядерных вооружений.

В ВМФ были сняты с вооружения тактические ядерные боеприпасы с надводных кораблей и подводных лодок и отправлены на местные или на центральные склады. К 1996 году была уничтожена третья часть тактических боеприпасов, находившихся на вооружении ВМС. Численность кораблей, способных нести ядерное оружие, сократилась с 400 в 1990 году до 100 в 2001 году.

Половина ядерных боеприпасов российских ВВС была уничтожена; уничтожена также и половина боеголовок для ракет класса «земля-воздух».

Предполагается, что все тактические ядерные боеприпасы были сняты с вооружения российских сухопутных войск и направлены на склады к 1998 году. Хотя окончательное уничтожение ядерных боеприпасов сухопутных войск планировалось до конца 2001 года, в апреле 2001 года Россия объявила, что уничтожение тактических ракет, ядерных артиллерийских снарядов и мин продолжается до сих пор. Россия уничтожит все ядерные боеприпасы, стоявшие на вооружении сухопутных войск, к 2004 году. Россия в апреле также повторила то, о чем говорилось в 1992 году: производство ядерных боеголовок для тактических ракет наземного базирования, артиллерийских снарядов и ядерных мин полностью прекращено.

6. ИЗМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОЙ СТРАТЕГИИ США

С приходом новой администрации США, возглавляемой Президентом Джорджем Бушем, существенно стала изменяться ядерная стратегия США. В данном разделе приведено изложение основных элементов этой новой стратегии на основании официальных документов администрации США и исследований американских экспертов.

6.1. Обзорный доклад Министерства обороны США о состоянии ядерных вооружений

Конгресс поручил Министерству обороны подготовить общий обзор о состоянии ядерных сил США с целью наметить направления их развития на последующие 5–10 лет. В 2001 году Министерство обороны подготовило такой обзор. В нем определяется «новая триада», включающая в себя следующие элементы:

- наступательные ударные вооружения (как ядерные, так и неядерные);
- оборонительные вооружения (пассивные и активные);
- обновленная оборонительная инфраструктура, включающая новые средства, которые позволят своевременно отреагировать на возникающие угрозы.

«Новая триада» дополняется усовершенствованной системой командования, управления и разведки. Формирование «новой триады» позволит ослабить зависимость США от ядерного оружия и повысить способность сдерживания в условиях распространения оружия массового уничтожения на основе двух следующих элементов:

- развитие оборонительных вооружений (наряду с перспективами модернизации сил и средств, систем командования и разведки) означает, что США больше не будут испытывать исключительную зависимость от наступательных сил в реализации способности сдерживания, как это было в период «холодной войны»;
- дополнительные неядерные ударные силы, включая неядерные ударные средства и средства сбора информации, ослабят зависимость США от ядерных сил в обеспечении сдерживания.

Включение двух новых элементов в «новую триаду» ослабляет угрозу безопасности США в условиях сокращения ядерных боеголовок до 1700–2200 единиц, которое было объявлено президентом Бушем 13 ноября 2001 года.

Ниже приводятся основные положения доклада. Во-первых, доклад оставляет в прошлом практику периода «холодной войны», применявшуюся при планировании состава и численности стратегических сил. В течение 10 лет после распада СССР процесс планирования ядерных сил США претерпел лишь незначительные изменения, несмотря на новые отношения между Россией и Америкой. Изменения применительно к Договору о сокращении СНВ, коснулись численности и состава стратегических ядерных сил. В то же время планирование и финансирование ряда критических компонентов СНВ не соответствует реальности.

В США больше не будет применяться практика планирования численности и состава вооруженных сил, исходя из предположения, что Россия представляет собой лишь меньшую угрозу по сравнению с бывшим СССР. В соответствии с рекомендациями, изложенными в «Обзоре состояния ядерных сил», принцип планирования американских стратегических сил изменяется: подход, основанный на оценке угрозы, принятый в период «холодной войны», заменяется подходом, основанным на оценке возможностей. Новый подход в течение следующих десятилетий позволит обеспечить надежное сдерживание при более низком уровне ядерных средств, соответствующим условиям безопасности США и их союзников.

Во-вторых, сделан вывод, что стратегическая доктрина, основанная только на наступательных ядерных силах, неприемлема для сдерживания потенциальных противников, с которыми мы столкнемся в XXI веке. Вполне вероятно, что террористы или страны-изгои, имеющие в своем распоряжении оружие массового уничтожения, попытаются проверить прочность возможностей США по

обеспечению собственной безопасности и безопасности союзных стран. В качестве ответа нам потребуется ряд средств для обеспечения безопасности дружественных стран и отражения нападения со стороны неприятеля. Понадобится более широкий арсенал средств для предотвращения попыток противника предпринять политические, военные или технические шаги, угрожающие безопасности США и союзных государств. Американские вооруженные силы должны противопоставить надежные средства сдерживания противнику, в распоряжении которого находятся современные военные технологии, в том числе ядерное, биологическое и химическое оружие и средства его доставки на большие расстояния. Наконец, стратегические силы должны предоставить президенту несколько различных вариантов отражения ударов агрессора. Действенность «новой триады» зависит от системы командования, управления и разведки, а также от гибкого планирования. «Глубокая» разведка намерений и возможностей противника позволит своевременно изменять структуру вооруженных сил и повышать эффективность отражения наносимых ударов. Способность планирования оперативного и гибкого применения ударных и оборонительных сил предоставит США дополнительное преимущество в урегулировании кризисных ситуаций, сдерживании ударов и проведении военных операций.

Создание «новой триады», сокращение ядерных вооружений и повышение гибкости стратегических подходов связаны с требованиями необходимых ресурсов. На снятие с вооружения устаревших систем и на создание новых средств требуются деньги. Восстановление инфраструктуры, создание и развертывание стратегических оборонительных вооружений, совершенствование системы командования, управления и разведки, планирования и неядерных ударных средств требует новых инициатив и инвестиций. Однако эти инвестиции позволят повысить уровень безопасности США, ослабив при этом зависимость от ядерных вооружений.

«Ядерное оружие играет ключевую роль в обороне США, союзных и дружественных стран. Оно предоставляет надежные средства сдерживания широкого ряда угроз, в том числе угроз применения оружия массового уничтожения и неядерных сил большой численности. Ядерные средства имеют уникальные свойства, которые позволяют США контролировать определенный класс целей, имеющих важное значение в плане решения стратегических и военных задач».

Тем не менее

«американские ядерные силы сами по себе не способны обеспечить адекватный ответ на большинство ситуаций, к которым готовятся США. Интересы США и союзных государств могут не предполагать нанесения ядерных ударов».

Новая комбинация ядерных, неядерных и оборонительных средств

«необходима для отражения ударов разнообразных групп потенциальных противников и непредусмотренных угроз, с которыми США могут столкнуться в последующие десятилетия».

«С учетом возможностей ядерных сил и связанного с ними планирования сейчас требуется повышенная гибкость, по сравнению с существовавшей в период «холодной войны». В новых условиях объекты основных ударов со стороны потенциальных противников могут быть самыми различными, и в ряде случаев перед США может встать вопрос о том, что вообще рассматривается противником как объект для удара».

Несмотря на то, что число ядерных боеприпасов, необходимых для поражения различных целей, сократилось, американские ядерные силы должны быть в состоянии держать под контролем целый ряд целей. Эта способность играет ключевую роль в плане обеспечения действенной стратегии сдерживания с учетом большого количества враждебных групп в самых разнообразных условиях. Ядерные удары, различающиеся по масштабам, задачам и целям, должны дополнять другие военные средства. Их комбинация должна предоставлять целый ряд вариантов для обеспечения надежного сдерживания противников, которые выбирают объекты для удара и рассчитывают риск, возможный выигрыш и потери совсем не так, как это делали потенциальные противники в прошлом».

6.1.1. Вклад новой триады в достижение оборонных целей

«Гарантии»

Ядерные силы США будут и далее обеспечивать гарантии в отношении союзников, особенно в условиях существования реальных или возможных угроз применения ядерного, биологического

или химического оружия либо в условиях непредвиденного развития военной обстановки. Такие гарантии послужат основой для снижения стимула приобретения дружественными государствами собственного ядерного оружия. Ядерные средства, кроме того, предоставляют гарантии того, что США не станут объектом давления, основанного на ошибочном восприятии противниками возможностей США. Оборона континентальной территории США и защита баз за рубежом повысит способность США противостоять угрозам, связанным с применением оружия массового уничтожения, и использовать силы для обеспечения безопасности союзных и дружественных государств.

«Отказ от намерений»

«Системы, способные поражать цели на территории противника, могут вынудить его отказаться от дальнейших намерений развития средств угрозы. Например, демонстрация связи между возможностями высокоточных боеприпасов дальнего действия и систем целеуказания способна вынудить противника отказаться от намерений вкладывать большие средства в создание мобильных баллистических ракет».

«Способность инфраструктуры совершенствовать существующие системы вооружений, наращивать объем производства боеприпасов или разрабатывать и ставить на вооружение совершенно новые системы оружия может вынудить третьи страны отказаться от намерения продолжать соревноваться с США в военной области».

«Сдерживание»

«Противоракетная оборона территории США и силы быстрого реагирования, включая армейские части за рубежом, в сочетании с гарантированной способностью США нанести ответный удар позволят обеспечить соответствующий баланс между выигрышем и риском в региональных конфликтах, тем самым повысив уровень американских гарантий в плане сдерживания возможных ударов по союзным и дружественным странам».

«Поражение»

«Состоящая из ядерных и неядерных сил ударная компонента «новой триады» обеспечит повышенную гибкость в подготовке и проведении военных кампаний с целью полного разгрома противника. Неядерные элементы могут оказаться особенно эффективными в плане ограничения сопутствующего ущерба и эскалации конфликта. Ядерные боеприпасы следует применять для подавления целей, устойчивых к воздействию неядерных средств (например, заглубленных подземных бункеров или биологического оружия)».

Командование, управление, планирование и разведка

«По мере изменения вооруженных сил в соответствии с новыми требованиями командование и управление становятся все более важными элементами для обеспечения действенности оставшихся компонентов старой структуры... Разработка вариантов ударов потребует тщательного планирования, гибкости и взаимодействия с лицами, ответственными за принятие решений. Системы командования и управления будут становиться все сложнее, поэтому потребуются расширение, модернизация и замена элементов систем».

Цели обороны и соответствующие требования к ядерному оружию

«В условиях постоянно меняющейся обстановки невозможно с высокой точностью прогнозировать оптимальную структуру ядерных сил. Сокращение в следующем десятилетии числа американских ядерных боеприпасов до 1700–2200 единиц предусматривает степень свободы, достаточную для реакции на возможные изменения в плане обеспечения безопасности, которые могут повлиять на требования к американским ядерным боеприпасам».

Определение численности ядерных сил

«При выработке требований к ядерным вооружениям необходимо дифференцировать ситуации, к которым должны готовиться США. Эти ситуации можно классифицировать как реальные, потенциальные и непредвиденные».

«Потенциальные ситуации рассматриваются как ситуации, не несущие непосредственной угрозы. Например, возникновение новой враждебной военной коалиции, в которой один или несколько членов имеют в своем распоряжении оружие массового уничтожения и средства его доставки, явля-

ется потенциальной ситуацией, которая может иметь серьезные последствия для США, в том числе и для планирования структуры ядерных сил».

Непредвиденные ситуации являются внезапными и непредсказуемыми ситуациями, связанными с проблемами безопасности. Примеры таких ситуаций могут включать внезапную смену режима, в результате которой ядерный арсенал переходит в руки новой враждебной группировки или неожиданное появление у неприятеля оружия массового поражения».

«В силу проводящихся в Китае работ по созданию стратегических вооружений и продолжающейся модернизации ядерного и неядерного оружия Китай является страной, которая может стать участником реальной или потенциальной ситуации».

«Россия, наряду с США, обладает самыми мощными ядерными силами и достаточно крупными неядерными вооружениями. В настоящее время, правда, отсутствует идеологическая почва для конфликтов с Москвой, как это было в период «холодной войны». США стремятся к более тесному взаимодействию с Россией и отходят от политики, которая являлась выражением взаимного недоверия и враждебности. В результате ядерный удар со стороны России, являясь возможным, не предвидится».

Тем не менее, российские ядерные силы и программы остаются объектом беспокойства. Россия сталкивается с множеством проблем на своих пограничных территориях, поэтому ее будущий курс невозможно предсказать с достоверностью. Таким образом, при планировании США следует принимать это во внимание. В случае резкого ухудшения российско-американских отношений в будущем Соединенным Штатам, возможно, придется пересмотреть структуру и численность своих ядерных сил.

Развернутые и боеспособные ядерные силы

Численность развернутых ядерных сил должна отвечать требованиям обороны в условиях реальной и непредвиденной ситуации. Иными словами, ядерные силы должны быть достаточными для отражения реальных угроз, сохраняя при этом небольшой резерв на случай непредвиденного развития ситуации. 1700–2200 боеголовок, которые по плану должны остаться к 2012 году, и составят развернутые ядерные силы.

Численность американских ядерных сил

Исходя из существующих на сегодняшний день проектов, 1700–2200 стратегических ядерных боеголовок, предусмотренных на 2012 год, будут обеспечивать политику сдерживания США, контролируя наиболее ценные цели потенциального противника, в том числе системы политического и военного управления, и вынуждая противника отказаться от преследуемых им военных целей. Цели, подлежащие контролю в плане сдерживания, включают средства управления страной и военными структурами, особенно оружие массового поражения, командные пункты и иные центры управления и инфраструктуру вооруженных сил.

Стратегические силы, запланированные на 2012 год, будут состоять из ракет Trident на 14 подводных лодках (2 из которых в мирное время будут находиться на профилактике), 500 МБР Minuteman-III, 76 бомбардировщиков B-52H и B-2.

Переход к сокращению ядерных вооружений

В соответствии с планом сокращения ядерных вооружений до 1700–2200 единиц к 2012 году предусматривается уничтожение МБР наземного базирования MX. Число ядерных боеголовок к 2007 году составит 3300 единиц (боеголовки БРПЛ на профилактике не будут считаться находящимися на боевом дежурстве, поскольку в этот период подводные лодки не смогут осуществлять патрулирование).

Дальнейшее сокращение может осуществляться разными путями. Окончательно это будет определено в ходе периодических аналитических работ, которые Министерство обороны предполагает начать с 2003 года. Министр обороны должен контролировать проведение этой аналитической работы, которая будет осуществляться при участии Председателя Объединенного комитета начальников штабов, командующего стратегическими силами США и директора НАСА.

6.1.2. Создание «новой триады»

Для выполнения требований «новой триады» потребуется проведение реорганизации существующих средств. Это предусматривает совершенствование средств разработки и выполнения планов нанесения ударов с тем, чтобы руководство страны смогло изменить ранее составленные планы или разработать новые.

Инициативы, предусмотренные планом на 2003–2007 годы, предусматривают следующее:

- мобильные цели. Министерством обороны предложено разработать системный подход для контроля наиболее важных подвижных целей;
- поражение укрепленных и заглубленных целей. Министерством будет проводиться программа совершенствования средств обнаружения, опознавания, определения характеристик и контроля укрепленных и заглубленных подземных объектов противника;
- удары на большие расстояния. Министерство будет основываться на системном подходе для поражения наиболее важных стационарных и подвижных целей на различных расстояниях, при любых рельефах местности и погодных условиях и в недоступных районах;
- подводные лодки с крылатыми ракетами (SSGN). Министерство обороны предложило профинансировать переоборудование четырех SSBN, оснащенных системой Trident, снятых с вооружения, на их оснащение крылатыми ракетами;
- точность удара. Предполагает проведение работ по увеличению числа целей, поражаемых при одном пуске. Программа предполагает применение Системы передачи информации с целью развертывания надежной помехоустойчивой цифровой сети для обмена данными о средствах нанесения удара унифицированной ракеты «воздух-земля», бомбы малого диаметра и беспилотного боевого самолета;
- новая система нанесения удара. Министерство обороны планирует начать в 2003 году исследование проектов новой системы нанесения ударов для оснащения переоборудованных SSGN. Характеристики, закладываемые в новую систему, предполагают своевременный выход на цель, точность подрыва, возможность оперативной корректировки данных цели.

Система ПРО

Президент США заявил, что задачей системы ПРО является защита всех 50 штатов, вооруженных сил, дружественных и союзных стран от ракетного удара со стороны вероятного противника. Задачи системы ПРО основаны на следующих принципах:

- наиболее эффективной является эшелонированная система ПРО, то есть система, способная осуществлять перехват баллистических ракет на любом расстоянии и на всех стадиях полета ракеты;
- в США проводятся работы по созданию эффективной системы ПРО против ударов, наносимых с применением небольшого числа ракет большой дальности и большого числа ракет малой и средней дальности;
- система ПРО, как и все системы военного назначения, будет обладать эффективностью ниже 100%, внося при этом значительный вклад в сохранение безопасности страны.

Кроме эшелона ракет РАС-3, элементы системы ПРО для развертывания еще не выбраны; решение будет зависеть от процесса развития технологии и уровня угрозы. Министерство проводит оценку целого ряда альтернативных вариантов. Существует два возможных варианта системы ПРО: краткосрочные средства реагирования на чрезвычайные ситуации и усовершенствованные версии первого варианта, представляющие собой системы повышенной надежности. В настоящее время рассматриваются несколько элементов (2003–2008), которые позволят реализовать систему ПРО:

- бортовая лазерная система перехвата может быть готова для выполнения ограниченных операций по перехвату баллистических ракет любой дальности;
- наземная система, состоящая из небольшого числа ракет-перехватчиков и усовершенствованной РЛС на Аляске для перехвата ракет на больших расстояниях.
- морская система Aegis, способная обеспечивать перехват на малых и средних расстояниях.

Исходя из технического прогресса в области разработки этих систем, полноценная система ПРО в США может быть развернута к 2006–2008 году. В ее состав предполагается включить:

- 2–3 самолета с бортовым лазером;
- дополнительные наземные средства;
- 4 корабля среднего радиуса действия;
- системы, способные обеспечивать перехват ракет на малых расстояниях. РАС-3, развертывание которой начато в 2001 году, и система THAAD, которая может быть готова к 2008 году.

Министерство обороны готово начать создание группы низкоорбитальных спутников SBIRS для обеспечения работы ПРО. Эта система будет способна отслеживать полеты баллистических ракет неприятеля и участвовать в селекции боеголовок и иных объектов в полете.

Гибкое планирование

Современная система ядерного планирования, включающая идентификацию целей, распределение систем вооружения, требования к системе командования и управления ядерными силами, оптимизирована с учетом вероятности нанесения крупномасштабных ядерных ударов. В будущем по мере перехода от единого комплексного оперативного плана к более гибкому планированию адаптивный подход будет играть более существенную роль. Комплексное планирование позволяет выработать выполнимые планы ведения военных действий на случай предусмотренных ситуаций. Адаптивное планирование служит для оперативного создания планов в критических ситуациях. Продуманное планирование создает основы для адаптивного планирования за счет определения отдельных комбинаций оружия и задач, которые можно решить в кризисных ситуациях.

Стремление к оперативному определению цели и принятию соответствующего варианта решения делает упор на процесс ядерного планирования в его современном виде. В настоящее время для разработки плана нанесения удара по новой цели с учетом вида используемого оружия требуется от 12 до 48 часов. Для реализации требований адаптивного планирования необходимо провести усовершенствование существующей системы командования и управления.

Вопросы инфраструктуры Министерства обороны

Министерство обороны выявило проблемы, которые необходимо решить в рамках существующей программы обеспечения инфраструктуры. К ним относятся: проект твердотопливного ракетного двигателя, создание и испытание технологии существующих стратегических систем и систем будущего, усовершенствованные средства оценки и наблюдения, системы командования и управления, проектирование, разработка и производство защищенных от излучения узлов.

Современная инфраструктура ядерно-оружейного производства США

Недостаточное финансирование развития инфраструктуры, особенно производственного комплекса, повысило риск, связанный с тем, что в случае обнаружения серьезных проблем в складываемых боеприпасах окажутся ограниченными возможности по воспроизводству или замене существующих изделий.

Со всей очевидностью просматривается необходимость обновления оружейного комплекса, который будет способен проектировать, разрабатывать, производить и сертифицировать боеприпасы в соответствии с новыми требованиями национальной безопасности и обеспечивать готовность к возобновлению, в случае необходимости, подземных ядерных испытаний.

Восстановление производственной инфраструктуры

Сборка-разборка боеприпасов. В настоящее время вырабатываются планы по расширению площадей и наращиванию мощности завода Pantex для обеспечения работ по разборке существующих боеприпасов.

Работы с ураном. Как минимум 7–8 лет потребуется для восстановления мощностей по производству вторичного заряда на заводе Y-12 в Теннесси. В настоящее время отсутствуют соответствующие технологические процессы по производству ряда материалов. Сейчас разрабатываются планы по расширению завода Y-12 для замены вторичных зарядов ядерных боеголовок и других урановых компонентов.

Работы с плутонием. Одним из явных недостатков является неспособность производства и сертификации первичных зарядов. Проводятся работы по организации производства зарядов в Лос-Аламосе. В перспективе потребуется новое производство для замены старых компонентов и изготовления новых.

Производство других материалов и компонентов. В 2003 году предполагается возобновить остановленное в 1988 году производство трития; первые партии материала должны поступить к 2006 году. Кроме того, для обновления боеприпасов на заводе Y-12 необходимо создать новые производственные мощности для изготовления уникальных материалов.

Инициативы Управления национальной ядерной безопасности (NNSA) в рамках ядерно-оружейных программ

После выпуска Обзора состояния ядерных вооружений NNSA предполагает предпринять ряд шагов.

Перспективные конструкции. Существует целый ряд конструкций ядерных боеприпасов, которые могли бы дать определенные преимущества по укреплению политики сдерживания: возможные модификации существующих вооружений с целью обеспечения дополнительной гибкости по изменению мощности боеприпаса, усовершенствование проникающих боеприпасов с учетом возможности использования потенциальным противником укрепленных и заглубленных подземных сооружений, боеприпасы, снижающие вероятность побочного поражения.

С целью дальнейшей оценки этих и других вариантов ядерных боеприпасов в связи с новыми требованиями NNSA намерено восстановить коллективы, работавшие над перспективными конструкциями зарядов во всех национальных лабораториях. Это позволит подготовить новое поколение оружейных специалистов. Министерство обороны и NNSA совместно проанализируют программы разработки ядерных вооружений и определят направления дальнейших исследований, в том числе оценки необходимости испытаний для постановки боеприпасов на вооружение.

Готовность к возобновлению испытаний поддерживается главным образом за счет участия персонала в реализации программ сопровождения ядерных вооружений на полигоне в Неваде. В связи с программой обеспечения готовности к ядерным испытаниям существует два момента, вызывающих беспокойство.

Во-первых, в связи с тем, что уходят опытные специалисты, на современном этапе невозможно обеспечить двух-трехгодичную готовность. Не все методики и технологические процессы, необходимые для проведения подземных испытаний, реализуются на полигоне в Неваде, в том числе методики ядерной диагностики, обеспечения камуфлетности, конструирование и размещение диагностического оборудования в вертикальных шахтах, радиохимический анализ. Поскольку опытные специалисты уходят, возникают сложности с подготовкой новых специалистов, что еще в большей степени снижает уровень готовности к проведению испытаний. Поэтому возникает необходимость в подходе, который позволяет определить все ключевые элементы, требующиеся для проведения подземных испытаний.

Для решения этих проблем NNSA предлагает в течение трех последующих лет повысить уровень готовности за счет увеличения штата специалистов, повышения их профессиональной подготовки, проведения дополнительных подкритических испытаний, замены ключевых уникальных компонентов, применяемых при испытаниях, модернизации ряда диагностических средств и сокращения времени для подтверждения соответствия необходимым требованиям.

Специалисты, обладающие уникальными знаниями

Министерство обороны и NNSA совместно обеспечат возможность полномасштабной демонстрации комплексных средств конструирования, разработки, производства и оснащения боеприпаса зарядом. Основной задачей при этом является использование уникальных знаний для адаптации боеприпасов к средствам доставки. NNSA в качестве задач для разработки перспективных конструкций определяет следующее:

- передача знаний по конструированию боеприпасов опытными сотрудниками молодым специалистам;
- совершенствование профессиональной подготовки участников совместной программы Министерства обороны и NNSA.

Поддержание уровня ядерных сил и их модернизация

Основное внимание Министерства обороны будет сосредоточено на продлении срока эксплуатации ракетных систем Minuteman-III до 2020 года, начав при этом выработку требований для следующего поколения МБР.

В настоящее время планируется осуществление или проводится реализация полного набора программ обеспечения боеспособности этих ядерных сил:

- программа замены систем наведения, программа замены двигателей;
- программа продления срока эксплуатации ракетных двигателей (замена устаревших компонентов системы разгона ракеты);
- программа продления срока эксплуатации системы наведения на цель;
- система контроля окружающей среды;
- программа разработки боеголовок повышенной надежности (SERV).

В рамках программы SERV предполагается реконструкция МБР Minuteman-III с целью ее оснащения боеголовкой Mk-21, которой в настоящее время оснащены ракеты MX.

SSBN Trident. NNSA планирует реконструировать четыре из 18 ПЛАРБ для оснащения их специальными ракетными системами или крылатыми ракетами. Кроме того, потребуется также переоборудовать 4 из 8 ПЛАРБ Trident-I (C) под ракету Trident D5. Специалисты ВМФ США продлили срок службы подводных лодок Trident до 44 лет. В свою очередь, это потребует от Министерства обороны продлить срок эксплуатации ракеты D5. Первая из 14 ПЛАРБ Trident будет снята с вооружения в 2029 году.

БР подводного базирования Trident-II. Министерство обороны выделит средства на реализацию программы по продлению срока службы ГЧ D5 и модернизацию системы наведения и электронного оборудования ракеты. Чтобы предотвратить нехватку ракет в следующем десятилетии, необходимо продолжить производство D5.

Следующая серия ПЛАРБ. Министерство обороны планирует продолжить производство ракет морского базирования. Следующее поколение ПЛАРБ поступит на вооружение в 2029 году, когда будет снята первая из состоящих на вооружении сегодня ПЛ Trident. В настоящее время специалисты ВМФ проводят исследования двух вариантов ПЛАРБ следующей серии: вариант ударной АПЛ класса Virginia и специализированная ПЛАРБ (либо новой конструкции, либо старая переоборудованная ПЛ Trident). Если будет принято решение о создании новой ПЛ, реализация программы начнется приблизительно в 2016 году с тем, чтобы новый носитель был готов к 2029 году.

Следующая серия БР морского базирования. Новая серия БРМБ потребуется к 2029 году, когда должна появиться ПЛАРБ новой серии. Специалистами ВМФ начаты исследования с целью определения полезного веса и габаритов ракеты, однако пока никаких планов относительно новой серии БРМБ, кроме увеличения срока эксплуатации Trident D5, нет.

Универсальная ракета. Министерство обороны не планирует продолжение работ по созданию универсальной ракеты наземного и морского базирования. Тем не менее, ВВС и ВМФ в настоящее время ведут совместные исследования и разработку универсальных технологий по современным и будущим баллистическим ракетам (система наведения, двигатели, боеголовки).

Тяжелые бомбардировщики и крылатые ракеты воздушного базирования

Стратегические бомбардировщики. ВВС планируют сохранить бомбардировщиков B-2 и B-52 еще в течение 35–40 лет. Для реализации этого плана необходимо проведение активных работ. В частности, необходимо выполнить работы по усовершенствованию систем связи, бортовых ЭВМ, РЛС, дисплеев и навигационного оборудования для обеспечения боеспособности самолетов на протяжении указанного срока. Гарантированная глобальная устойчивая двусторонняя связь между командованием и стратегической авиацией является основополагающим элементом системы стратегического командования и управления.

В настоящее время для бомбардировщиков B-2 проводятся два типа работ по модернизации. Они касаются поиска вариантов материалов, которые позволят обеспечить слабую видимость самолета радарам.

Системы вооружения воздушного базирования. Недавно было принято решение, что существующие крылатые ракеты могут состоять на вооружении до 2040 года.

Стратегические бомбардировщики новой серии. Исходя из последних оценок, новый бомбардировщик должен быть создан к 2040 году. Однако реальная потребность в дополнительных или усовершенствованных качествах бомбардировщика может сдвинуть сроки на более близкое время. В настоящее время ВВС финансируют научно-технические работы по созданию ударного бомбардировщика X дальнего действия.

Системы вооружения воздушного базирования нового поколения. На данный момент отсутствуют какие-либо планы по созданию нового поколения вооружений воздушного базирования. Однако предусмотрено создание классических крылатых ракет (таких как ракета увеличенного радиуса действия), которые смогут сократить сроки указанных выше разработок, но для их оснащения ядерными боеголовками потребуются дополнительные модификации.

Самолеты двойного назначения. Министерство обороны рассматривает возможность проведения работ по увеличению срока эксплуатации самолетов двойного назначения F-16C/Ds и F-15Es или проведения комплексной модернизации ударного истребителя (JSF). В соответствии со спецификациями исходная конструкция самолета должна в дальнейшем позволять его оснащение ядерным оружием.

Надежные летные испытания, старение и наблюдение. Ядерные системы, стоящие на вооружении ВВС и ВМФ США, требуют проведения надежных летных испытаний для получения достоверных данных о тактико-технических характеристиках боеприпасов и оценки надежности и точности систем. В настоящее время ежегодные летные испытания проходят только ракеты D5.

Поддержание боеготовности ядерных боеприпасов. Количество «активных» складываемых боеприпасов является достаточным для оснащения развернутых ядерных сил и их обеспечения запасными узлами. «Неактивные» боеприпасы включают в себя все типы боеприпасов из «активного» арсенала, а также ГЧ W84 и B83Mod 0, которые не имеют аналогов в «активном» арсенале. ГЧ W62 будет снята с вооружения в 2009 году. NNSA начало реализацию программы по ускорению разработки перспективных конструкций в трех национальных лабораториях.

Поражение укрепленных и заглубленных подземных объектов

Более чем в 70 странах в настоящее время имеются подземные объекты военного назначения. В июне 1998 года Комитет по подземным сооружениям при Министерстве обороны США сообщил, что в мире насчитывается более 10000 подземных сооружений военного характера. Около 1100 объектов были охарактеризованы как стратегические (базы ОМП, баллистических ракет, командные пункты руководства страны или военного руководства высшего звена). По новой информации, это число в настоящее время выросло до 1400. Большая часть стратегических объектов находится глубоко под землей. Эти сооружения, как правило, поразить сложнее всего из-за большой глубины и недостоверности информации о точном расположении. В настоящее время США не имеют средств для гарантированного поражения таких объектов. Недавно подробный отчет по данному вопросу был представлен Конгрессу (Report to Congress on the Defeat of Hard and Deeply Buried Targets).

Для поражения противника в укрепленных и заглубленных убежищах необходима своевременная идентификация потенциальных целей, реальные средства поражения и точная оценка разрушений в результате удара. Для обеспечения необходимого уровня поражающих средств требуется объединение национальных систем в надежную оперативную систему, способную противостоять данной угрозе.

В настоящее время США обладают проникающими зарядами ограниченной мощности, при этом единственным ядерным проникающим боеприпасом является гравитационная бомба B61-Mod11. Этот боеприпас, не имея системы точного наведения, не способен проходить в грунт многих типов, в котором оборудованы укрепленные сооружения. С учетом этих ограничений нанесение удара по укрепленным подземным объектам ограничивается поражением наземных сооружений, что не дает гарантии уничтожения таких крайне важных объектов.

Мобильные цели

Одной из серьезных задач сегодня является получение достоверной информации о передвижении мобильных целей. Для решения этой задачи необходимо разработать систему и методику сбора информации, позволяющие отслеживать передвижение целей противника. Датчики должны обладать способностью распознавать работы по маскировке объектов. Для точного определения места расположения и отслеживания объекта вплоть до момента нанесения удара необходимо осуществить ряд

усовершенствований имеющихся сегодня систем. Современные спутники не приспособлены для решения задач, связанных с существующими и разрабатываемыми подвижными целями. Запланированные усовершенствования спутников позволят оперативно и точно определять место расположения объекта и отслеживать его передвижение на протяжении всего маршрута движения.

Уничтожение химического и биологического оружия противника

Специалисты Министерства обороны и энергетики проводят работы по противодействию применению противником химического и биологического оружия. В настоящее время ведутся разработки средств противодействия химическому и биологическому оружию, позволяющих нейтрализовать или уничтожить указанные виды боеприпасов. Крайне важной задачей считается решение проблемы недостаточности разведывательных данных о производстве химических и биологических веществ, а также об их размещении и физических параметрах хранилищ. Рассматривается несколько вариантов конструкций, в том числе тепловые, химические или радиационные средства нейтрализации химического и биологического оружия противника в местах производства или хранения. Ведутся также работы над проникающими боеприпасами для иммобилизации указанных материалов.

Модернизация ядерных сил

Председатель Объединенного комитета начальников штабов поставил задачу проведения оценки средств стратегического сдерживания с целью выработки требований к системам ядерного оружия до 2020 года. Работа должна быть завершена в начале 2003 года. Министерство обороны совместно с NNSA должно провести оценку конструкции боеприпасов для повышения эффективности и гибкости вооружений и снижения побочного поражения. Для устранения ограничений современных видов вооружений потребуется, по-видимому, ряд усовершенствований.

Сокращение вооружений

С учетом дополнительных сокращений после 2007 года США планируют уменьшить число боеголовок на своих баллистических ракетах. Что касается бомбардировщиков, сокращения предполагается провести за счет уменьшения числа находящихся в состоянии боеготовности боеприпасов, то есть боеприпасов, имеющихся на базах бомбардировщиков.

Боеприпасами в состоянии боеготовности считаются: реальное количество боеголовок, установленных на БР наземного и морского базирования, боеприпасы, находящиеся в хранилищах на базах бомбардировщиков (за исключением незначительного количества запасных узлов). США не держат «палец на спусковом крючке», так как существуют серьезные технические гарантии обеспечения высокого уровня безопасности, защиты и надежности ядерных вооружений и системы командования и управления. Имеется целый ряд средств технического и операционного характера, предотвращающих вероятность несанкционированного пуска американских ядерных ракет. «Новая триада» призвана решить вопросы, связанные с вероятностью несанкционированного пуска ядерных ракет других стран. Например, она предусматривает создание системы ПРО для защиты самих США, союзных и дружественных стран от ограниченного или несанкционированного применения ядерного оружия. Кроме того, предусмотрен целый ряд мер, направленных на предотвращение случайного или несанкционированного применения ЯО, что позволит предпринять ответные шаги, адекватные масштабу конкретного события.

После первого этапа сокращения вооружений последуют дальнейшие шаги по сокращению за счет снятия боеголовок с ракет и авиабомб. Структура ядерных сил сохранится в качестве основы для их модернизации. Средства доставки после первого этапа не будут уничтожаться, а снятые боеголовки сохранятся для оснащения ядерных сил новой структуры.

Всеобъемлющее запрещение испытаний

В США не проводились ядерные испытания с 1992 года, и в настоящее время мораторий на испытания продолжает соблюдаться. Хотя в США делается все возможное для поддержания боеготовности ядерных вооружений без испытаний, не исключено, что это не может продолжаться до бесконечности. Уже сейчас обнаружены проблемы в складываемых боеприпасах, связанные с процессами старения и дефектами производства. С течением времени объективная оценка состояния боеприпасов в условиях запрещения испытаний будет становиться все труднее. Каждый год Министерство обороны и энергетики будут рассматривать вопрос о необходимости возобновления испы-

таний и давать рекомендации президенту. Ядерные державы несут ответственность за обеспечение безопасности и надежности собственного ЯО.

Прозрачность

Договор СНВ-1 включает пункты, обеспечивающие достаточную прозрачность наступательных стратегических сил. Дополнительный уровень прозрачности должен устанавливаться в рамках отдельных политических соглашений.

6.2. Ядерное оружие малой мощности и пересмотр ядерной стратегии США

В данном разделе изложены представления американских экспертов по проблемам развития ядерного оружия малой мощности.

«Инициатива продвинутых концепций» в рамках NPR призывает к «разработке усовершенствованного оружия подземного проникания, чтобы оказать противодействие использованию потенциальными противниками укрепленных и размещенных глубоко под землей объектов». В исследовании возможности осуществления этого проекта, которое будет проводиться Министерством обороны и Министерством энергетики США в течение следующих 2–3 лет, будут рассматриваться три варианта такого вида оружия. Сметная стоимость исследования – 45 миллионов долларов. Варианты следующие:

- обычное оружие;
- изменения в имеющемся ядерном оружии;
- разработка нового ядерного оружия.

Обычное оружие, с политической точки зрения, является наименее спорным вариантом, но вероятность того, что оно может уничтожить спрятанные глубоко под землей и укрепленные объекты, невелика. Тем не менее, военный арсенал США уже имеет очень мощное и точное оружие традиционного типа, которое могло бы разрушить укрепленные цели, расположенные на глубине приблизительно 50 футов под землей. Во время войны в Персидском заливе вооруженные силы США использовали 4000-фунтовую бомбу GBU-28 для уничтожения укрытия к северу от Багдада, защищенного 30-ю футами слоя земли, бетона и стали. Наводимая на цель бомба GBU-37 (усовершенствованная версия GBU-28) могла бы уничтожить межконтинентальные баллистические ракеты, находящиеся в шахтных пусковых установках. По ранее существовавшему мнению, такие укрепленные цели уязвимы только для удара с применением ядерного оружия. Внесение усовершенствований в обычное вооружение данного типа, наверняка, последует. Но по-прежнему мала вероятность, что эти виды оружия смогут уничтожить цели, расположенные глубоко под землей, потому что такое оружие физически не будет иметь достаточную мощность для выполнения этой задачи. Фундаментальные физические ограничения по силе действия боеголовки, бомбы или ракетных компонентов влияют на то, насколько глубоко они могут проникнуть.

В отличие от обычных видов оружия, второй вариант – модификация имеющегося ядерного оружия – является наиболее спорным с точки зрения политики, но зато он обеспечивает большую вероятность того, что такое оружие сможет выполнить свою военную задачу по уничтожению спрятанных глубоко под землей целей. Ядерное оружие, входящее в настоящее время в арсенал США, обычно имеет мощность в диапазоне 100–475 килотонн.

Возможным исключением в исследовании достоинств нынешнего ядерного арсенала является бомба B61, которая имеет шкалу мощности от 0,3 до 170 килотонн. Разработчики оружия предполагали, что при низкой мощности такая бомба могла бы быть модифицирована в bunker buster с минимальным выбросом. Критики говорили, что, по их утверждению, модификация, получившая название B61-11, нарушила политический курс США, запрещавший разработку нового ядерного оружия. Министерство энергетики и конструкторы оружия считали, что сам по себе ядерный взрыв этой бомбы не является чем-то новым, была изменена только упаковка вокруг взрывчатого вещества путем помещения старого боезаряда внутрь укрепленного стального корпуса, чтобы повысить проникающую способность оружия. Но такая возможность ограничена. Испытания показали, что B61-11 может проникнуть только на глубину 20 футов в сухую землю, если сбросить ее с высоты 40000 футов. Под вопросом не только способность такого оружия уничтожить укрепленные убе-

жища глубоко под землей, но оно стало бы также причиной смертоносного выброса радиоактивных веществ даже при низкой взрывной мощности.

Столкнувшись с трудностями, создаваемыми первым и вторым вариантом, некоторые ученые-оружейники стали защищать третий вариант: разработку ядерного оружия нового класса. Оно имело бы два основных свойства:

- низкую взрывную мощность, чтобы свести к минимуму радиоактивный выброс;
- корпуса ракет и бомб обеспечивали бы глубокое проникновение в землю.

Война в Персидском заливе стала причиной вновь вспыхнувшего беспокойства по поводу того, что Саддам Хуссейн или некоторые другие лидеры могут спрятать оружие массового уничтожения, заводы по производству ракет или объекты командования и управления в хорошо укрепленных и размещенных глубоко под землей бункерах, которые были бы недостижимы для нанесения удара по ним. В докладе 1991 года Томаса Доулера и Джозефа Ховарда из ЛАНЛ в качестве аксиомы взят тезис «Существующий ядерный арсенал США не оказывает сдерживающего влияния на Саддама Хуссейна и вряд ли сможет сдержать будущего тирана». Другие аналитики утверждали, что во время войны в Персидском заливе США выражали в адрес Саддама серьезные угрозы, которые удержали его от использования оружия массового уничтожения. Например, Стив Феттер утверждал, что «есть свидетельства, что Ирак, скорее, не мог, чем не хотел использовать химическое оружие».

Доулер и Ховард выступили в защиту «разработки нового ядерного оружия очень малой мощности, разрушительная сила которого была бы пропорциональна опасности, с которой мы столкнемся в новом мировом окружении». Они описывали три класса оружия для выполнения этой задачи:

- «micronukes» с мощностью взрыва около 10 тонн;
- «mininukes» с мощностью взрыва около 100 тонн;
- «tinynukes» с мощностью взрыва около 1000 тонн.

На политическом фронте в начале 90-х годов прошлого века общая тенденция была не благоприятна для разработки нового ядерного оружия. 27 сентября 1991 года президент Джордж Буш заявил, что в рамках сокращений ядерных вооруженных сил США уничтожат все тактическое ядерное оружие наземного базирования, то есть основной класс ядерного оружия, применяемого для ведения боевых действий. 2 октября 1992 года он утвердил мораторий на ядерные испытания, проводимые США. В 1993 году демократы Элизабет Фёрс и Джон Спратт успешно включили в законопроект, утверждающий бюджет на оборону на 1994 финансовый год, положение, запрещающее национальным лабораториям вести научные исследования и разработки точного ядерного оружия малой мощности. В частности, этот закон определял ядерное оружие малой мощности как оружие с взрывной мощностью 5 килотонн и менее.

Влиятельные ученые из ядерных национальных лабораторий и аналитики попытались доказать свою правоту в отношении ядерного оружия, которое можно использовать. В июне 2000 года Стивен Янгер, который в то время был помощником директора ЛАНЛ по вопросам ядерного оружия, оспаривал «традиционное мышление по вопросам ядерного оружия». В дополнение к защите ядерного оружия малой мощности он утверждал, что «было бы желательно сохранить небольшое количество ядерного оружия большой мощности» для уничтожения «очень сильно укрепленных целей». Год спустя Пол Робинсон, президент и директор Сандийской национальной лаборатории, выдвигал подобные аргументы.

7. ГЛОБАЛЬНОЕ ПАРТНЕРСТВО ПО УКРЕПЛЕНИЮ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ

7.1. Инициатива «Группы восьми» на встрече в Кананаскисе в 2002 году

Распад СССР в 1991 году поставил актуальные вопросы, связанные со способностью образовавшихся в результате распада государств обеспечить контроль обширного комплекса оружия массового уничтожения. В России десятки тысяч ядерных боеприпасов и сотни тонн оружейных мате-

риалов были разбросаны по нескольким десяткам предприятий, на которых не приняты должные меры безопасности. Практически за один вечер Украина, Казахстан, Беларусь стали обладателями почти 4000 ядерных боеприпасов. В семи основных хранилищах размещено свыше 40000 тонн химических веществ. Бывший советский оружейно-биологический комплекс включает в себя почти 20 основных объектов и несколько десятков сопутствующих, большинство которых находятся на российской территории, но часть размещается на территориях других государств. Оказавшись в сложных экономических условиях, десятки тысяч ученых, инженерно-технических работников, военнослужащих и других специалистов, занятых ранее в оружейной сфере, стали представлять потенциальный источник распространения оружия массового поражения и материалов.

Перед лицом возникшей опасности США, страны Европы, Канада и Япония начали оказывать России и другим республикам бывшего СССР помощь в сокращении ядерных стратегических вооружений и в уничтожении химических боеприпасов, в обеспечении безопасности технологий, оборудования, материалов для производства ядерного и другого оружия массового уничтожения. Оказывается также содействие в решении проблем безопасности ядерных реакторов и уменьшения воздействия на окружающую среду оружейных работ советского периода.

Террористические акты, проведенные на территории США 11 сентября 2001 года, тот факт, что хорошо организованные и финансируемые террористические группы предпринимают активные попытки завладеть оружием массового поражения и не остановятся перед его применением, с большой очевидностью продемонстрировали всю полноту опасности и актуальность усилий по предотвращению возможности попадания оружия массового уничтожения, материалов и технологий в распоряжение враждебных государств или негосударственных структур.

Ведущие страны все более отчетливо осознают не только то, что вероятность распространения оружия массового уничтожения представляет общую для всех опасность, но и то, что каждая из них должна взять на себя обязанности по уменьшению такой угрозы. Программы уменьшения ядерной угрозы, которые в основном явились результатом двусторонних российско-американских соглашений о сокращении вооружений, теперь должны стать центром внимания деятельности широкой международной коалиции.

Лидеры стран Большой восьмерки подняли этот вопрос на встрече, проходившей в июне 2002 года в Кананаскисе (Канада), заключив соглашение о Глобальном партнерстве, направленное на предотвращение распространения оружия массового уничтожения и материалов, пригодных для его изготовления. Они от имени своих стран взяли на себя обязательства, в соответствии с которыми «будут предприниматься шаги, исключающие возможность попадания в распоряжение террористических групп или тех, кто покрывает их, ядерного, биологического, радиоактивного и химического оружия, ракетной техники, материалов, оборудования и технологий, а также их самостоятельной разработки». Было принято решение о выделении в течение последующих 10 лет 20 миллиардов долларов (половину расходов берут на себя США, вторую половину – страны Большой восьмерки) на реализацию проектов (в первую очередь, в России) по решению задач нераспространения, разоружения, борьбы с терроризмом и обеспечения ядерной безопасности (в том числе применительно к окружающей среде). Кроме того, руководители стран Большой восьмерки одобрили принципы и положения, регулирующие реализацию новых или расширенных совместных мер, направленных на устранение препятствий, в прошлом мешавших реализации проектов в России. Лидеры стран Большой восьмерки обратились к руководителям других государств с призывом присоединиться к данной инициативе.

7.2. Нераспространение оружия массового уничтожения.

Декларация «Группы восьми» на встрече в Эвиане в 2003 году

1. Мы отмечаем, что распространение оружия массового уничтожения (ОМУ) и средств его доставки представляет растущую опасность для всех нас. Наряду с распространением международного терроризма, оно создает первостепенную угрозу международной безопасности.

2. Этот глобальный вызов требует комплексного решения. Нам необходимо решать эту проблему на индивидуальной и коллективной основе, сотрудничая друг с другом и с другими партнера-

ми, в том числе действуя через соответствующие международные институты, в особенности входящие в систему Организации Объединенных Наций.

3. У нас имеется набор средств по противодействию этой угрозе: режимы международных договоров; механизмы инспекций, такие как у Международного агентства по атомной энергии и Организации по запрещению химического оружия; инициативы по уничтожению запасов ОМУ, такие как Глобальное партнерство; национальные и координируемые на международном уровне механизмы экспортного контроля; международное сотрудничество и дипломатические усилия, и, в случае необходимости, другие меры, основанные на международном праве.

4. Хотя все эти средства бывают нужны, ни одно из них не является исчерпывающим. Не все вызовы в сфере распространения требуют применения одинаковых средств. Нам нужно использовать те инструменты, которые наиболее эффективны в каждом конкретном случае. Мы по-прежнему привержены тому, чтобы работать со всеми этими инструментами и совершенствовать их, а в надлежащих случаях, стремиться к приданию универсального характера соответствующим договорам и инструментам.

5. В прошлом году в Кананаскисе мы одобрили набор Принципов, направленных на предотвращение доступа террористов или тех, кто их укрывает, к распространению ОМУ и материалов, способствующих его созданию. С тех пор события в мире подтвердили актуальность этих Принципов и необходимость их безотлагательного соблюдения.

6. Мы подтверждаем свою приверженность Договору о нераспространении ядерного оружия, Конвенции о запрещении химического оружия и Конвенции о запрещении биологического оружия и призываем все государства, которые еще не присоединились к ним, сделать это. Мы рассматриваем эти три соглашения в качестве неотъемлемых инструментов по поддержанию международного мира и безопасности и в качестве краеугольных камней нераспространения и разоружения. Мы подтверждаем нашу поддержку МАГАТЭ, которому должны быть предоставлены необходимые средства для выполнения его задач в области мониторинга.

7. Программы Северной Кореи по обогащению урана и производству плутония, а также ее неспособность выполнить Соглашение о гарантиях с МАГАТЭ подрывают режим нераспространения и являются явным нарушением международных обязательств Северной Кореи. Мы настоятельно призываем Северную Корею открыто, поддающимся проверке образом и окончательно свернуть ее любые возможные программы, направленные на создание ядерного оружия в качестве основополагающего шага, способствующего достижению всеобъемлющего мирного урегулирования.

8. Мы не собираемся игнорировать значение развитой ядерной программы Ирана в контексте проблем распространения. Мы подчеркиваем важность полного соблюдения Ираном его обязательств по Договору о нераспространении ядерного оружия. Мы призываем Иран подписать и выполнять Дополнительный протокол к Соглашению о гарантиях с МАГАТЭ без задержек или условий. Мы обещаем самую решительную поддержку всеобъемлющему изучению МАГАТЭ ядерной программы этой страны.

9. Мы призываем все Государства создать эффективные процедуры и механизмы контроля за передачей материалов, технологий и экспертной информации, которые могут способствовать разработке, производству или использованию ОМУ и его средств доставки. Мы также призываем все Государства установить и применять эффективные национальные стандарты по безопасному хранению и обращению с такими материалами в целях эффективного предотвращения распространения и устранения риска того, что террористы получают к ним доступ. Мы договорились, действуя на индивидуальной и коллективной основе, оказывать в этих целях поддержку тогда, когда это будет наиболее необходимо.

7.3. Глобальное партнерство против распространения оружия и материалов массового уничтожения. План действий «Группы восьми», выработанный на встрече в Эвиане в 2003 году

Глобальное партнерство против распространения оружия и материалов массового уничтожения, которое было учреждено нами в прошлом году на саммите в Кананаскисе, за минувший год достигло существенного прогресса в реализации цели предотвращения доступа террористов или тех, кто

их укрывает, а также разработки ими ядерного, химического, радиологического и биологического оружия, ракет и связанных с ними материалов, оборудования и технологии.

Благодаря решительному настрою стран «Группы восьми» были достигнуты следующие существенные успехи:

- Партнеры уже объявили значительные суммы финансирования в соответствии с принятым ими в Кананаскисе обязательством довести их объем до 20 млрд. долл. США в течение 10 лет.
- Российское правительство приняло достойные одобрения решения в целях обеспечения выполнения руководящих принципов, в частности, о полном освобождении содействия от налогообложения, пошлин и других сборов. Интенсивно выполнялись и остальные руководящие принципы.
- Недавнее заключение Соглашения о Многосторонней ядерно-экологической программе в Российской Федерации явилось свидетельством значительного прогресса в деле перевода инициативы Глобального партнерства в конкретные действия.
- Все партнеры активно занимались определением проектов сотрудничества, которые предстояло осуществить, а несколько крупных проектов уже были начаты или расширены в соответствии с нашими приоритетами, намеченными в Кананаскисе.
- Были предприняты усилия по установлению внешних контактов с целью привлечения и облегчения доступа стран-нечленов «восьмерки» к участию и внесению взносов, вследствие чего Финляндия, Норвегия, Польша, Швеция и Швейцария обозначили свою заинтересованность в присоединении к Глобальному партнерству в качестве доноров.

Мы обязуемся проводить в жизнь активную программу с целью реализовать эту инициативу в дальнейшем и добиться существенного прогресса к следующему саммиту. Наши цели состоят в следующем:

- Добиваться всеобщего признания принципов нераспространения.
- Достичь выполнения принятого нами в Кананаскисе обязательства по доведению объема взносов за счет новых доноров или дополнительных финансовых обязательств партнеров до 20 млрд. в течение десяти лет.
- Существенно расширить деятельность по реализации проектов, опираясь на подготовительную работу по созданию механизмов осуществления и разработке планов проектной деятельности, а также закрепить успехи, достигнутые в рамках уже осуществляемых проектов. В предстоящем году мы продолжим проводить обзор достигнутых успехов в деле запуска и осуществления проектов, и будем следить за координацией проектов с тем, чтобы провести обзор приоритетов, избежать пробелов в работе и дублирования усилий, а также оценить, в соответствии с нашими приоритетами, насколько проекты согласуются с целями обеспечения международной безопасности.
- Урегулировать все нерешенные проблемные вопросы, связанные с аспектами реализации, и провести обзор практической реализации всех принципов с учетом необходимости соблюдения одинакового отношения к Партнерам, отражающего наш совместный подход.
- Расширить круг участников Глобального партнерства за счет заинтересованных стран-доноров, не являющихся членами «восьмерки», которые готовы принять документы Кананаскиса. Уделяя по-прежнему основное внимание проектам в России, мы даем Председателю полномочия начать предварительные обсуждения с новыми и нынешними странами-реципиентами, включая государства бывшего Советского Союза, которые готовы принять документы Кананаскиса, как это уже сделала Украина.
- Информировать другие организации, представителей парламентов и общественность о важности Глобального партнерства.

8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ПРОГРАММ ПО НЕРАСПРОСТРАНЕНИЮ, РЕАЛИЗУЕМЫХ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ США

Данный перечень предоставляет основную информацию, касающуюся крупных американских программ в области нераспространения, реализуемых при содействии министерства обороны, министерства энергетики и госдепартамента США. Представлены краткая характеристика программ, бюджетные данные и основные результаты. Все стоимости программ приведены в миллионах долларов.

8.1. Программы Министерства обороны

Таблица 8.1. Ликвидация стратегических наступательных вооружений в России (Strategic Offensive Arms Elimination – Russia)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
178,8	133,405	70,5	57,6

Описание программы

В рамках программы производится демонтаж и уничтожение российских межконтинентальных баллистических ракет (МБР), ракетных шахт и пусковых установок, атомных подводных лодок с баллистическими ракетами, баллистических ракет морского базирования и их пусковых установок, тяжелых бомбардировщиков.

Таблица 8.2. Безопасность хранения ядерных боеприпасов в России (Nuclear Weapons Storage Security – Russia)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
89,7	55	40	48

Описание программы

Программы по обеспечению безопасности хранилищ ядерных боеприпасов предполагают проведение следующих работ:

- повышение уровня физической безопасности хранилищ ЯБП;
- создание Автоматизированной системы контроля боеприпасов, предназначенной для совершенствования российского механизма контроля стратегических и тактических ЯБП, подлежащих разборке;
- программа проверки надежности персонала, целью которой является повышение надежности российского персонала, имеющего право работы с ЯБП.

Результаты работ по программе

1. Предусмотрена установка на российских складах ЯБП 123 комплекта датчиков охраны по периметрам ограждения. Установлено 33 комплекта.

2. Построен Учебно-аналитический центр безопасности для тестирования усовершенствований системы безопасности. Тесты проводились на всех видах оборудования, поставленного в Россию.

3. Сертифицированы программное обеспечение и технические компоненты Автоматизированной системы контроля боеприпасов.

**Таблица 8.3. Хранилище делящихся материалов в России
(Fissile Material Storage Facility – Russia)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
57,4	0	0	0

Описание программы

На комбинате «Маяк» предполагается создание защищенного хранилища для централизованного долговременного и безопасного хранения делящихся материалов, изъятых из демонтированных ЯБП. Хранилище после завершения работ должно быть способным принять 25000 контейнеров с ДМ, изъятых при разборке 12500 ЯБП.

Результаты работ по программе

Завершение работ запланировано на 2003 год.

**Таблица 8.4. Обеспечение безопасности ЯБП при транспортировке
(Nuclear Weapons Transportation Security – Russia)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
14	9,5	19,7	23,2

Описание программы

В рамках программы предусматривается создание железнодорожных вагонов и автомобилей высокой безопасности для транспортировки к месту разборки снятых с вооружения ЯБП и подготовка аварийного и учебного оборудования для обучения персонала российских предприятий.

Результаты работ по программе

1. На ноябрь 2002 года 134 железнодорожными составами в России было перевезено порядка 2500–4000 ЯБП к местам хранения или разборки.

2. Закуплено и поставлено в Россию 150 суперконтейнеров.

3. В грузовых вагонах и в вагонах охраны установлено 115 комплектов оборудования для повышения безопасности, поставлено 5 мобильных аварийных модулей.

4. В 1998 году в Санкт-Петербурге создана Информационно-аналитическая система (ИАС) и основан учебный центр для обеспечения руководства операциями при чрезвычайных ситуациях с ЯБП. Проведены работы по установке и усовершенствованию технических средств и программного обеспечения ИАС.

**Таблица 8.5. Ликвидация ядерных стратегических боеприпасов на Украине
(Strategic Nuclear Arms Elimination – Ukraine)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
29,1	50	6,5	3,9

Описание программы

Содействие Украине со стороны США в ликвидации стратегических бомбардировщиков, крылатых ракет воздушного базирования, ракет класса «воздух-земля», ракетного топлива и предприятий по производству ракет на территории Украины, оставшихся после распада СССР.

Результаты работ по программе

К маю 2001 года уничтожено 27 самолетов Ту-95, 11 Ту-160 и 483 крылатых ракеты Х-55.

**Таблица 8.6. Ликвидация инфраструктуры оружия массового поражения на Украине
(WMD Infrastructure Elimination – Ukraine)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
-	6,024	9	0

Описание программы

В рамках программы предусматривается поставка на Украину оборудования для нейтрализации предприятий по производству жидкого топлива для ракет, ликвидации баз стратегической авиации и складов ЯБП.

Результаты работ по программе

Проведен демонтаж хранилища ЯБП «Радуга», в том числе подземных складов и структур обеспечения.

**Таблица 8.7. Ликвидация инфраструктуры оружия массового поражения в Казахстане
(WMD Infrastructure Elimination – Kazakhstan)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
-	6	8,8	0

Описание программы

Предусматривается ликвидация на территории Казахстана оставшейся после распада СССР инфраструктуры ОМП.

Результаты работ по программе

1. Были закрыты и запечатаны 13 неиспользованных скважин на ядерном испытательной площадке Балапан Семипалатинского полигона.

2. Были закрыты и запечатаны 181 штольня испытательной площадке Дегелен Семипалатинского полигона.

**Таблица 8.8. Предотвращение распространения биологического оружия
(Biological Weapons Proliferation Prevention)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
12	17	55	54,2

Описание программы

Цель проекта – повышение уровня безопасности и защиты опасных биологических веществ на предприятиях по производству биологического оружия на территории бывшего СССР, демонтаж комплексов по производству биологического оружия, проведение совместных работ с участием специалистов по биологическому оружию бывшего СССР.

Результаты работ по программе**1. Демонтаж:**

- проведение работ по ликвидации мощностей по производству БО в Степногорске (Казахстан). Уже демонтированы два здания.

2. Повышение безопасности:

- совместно с МНТЦ были одобрены и находятся в стадии реализации шесть проектов;
- готовятся предложения еще по четырем проектам.

3. Совместные исследования:

- подписаны и находятся в стадии реализации 13 проектов; еще 11 проектов находятся в различных стадиях подготовки.

Таблица 8.9. Предотвращение распространения оружия массового поражения (WMD Proliferation Prevention)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
-	-	40	39,4

Описание программы

Начиная с 2003 финансового года, работы в рамках программы будут направлены на повышение квалификации военного персонала, подразделений безопасности, пограничных войск и таможенных служб на территории республик бывшего СССР в плане предотвращения, обнаружения и профилактики незаконного перемещения через границы оружия массового поражения и соответствующих материалов, а также принятия действенных мер в случае инцидентов на границе.

Результаты работ по программе

Новая программа, запланированная на 2003 год.

Таблица 8.10. Сотрудничество в области оборонных и военных контактов (Defense and Military Contacts)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
9	18,349	18,9	11,1

Описание программы

Общей задачей программы является оказание содействия России в ядерном разоружении и нераспространении, повышение уровня безопасности на основе регулярных контактов между военными, оказание помощи России и республикам бывшего СССР в перестройке и сокращении военных структур и в проведении демократических реформ. Предусматривается проведение совместных учений по спасению, ликвидации последствий катастроф, проведение совместных рабочих совещаний.

Результаты работ по программе

США и республики бывшего СССР ежегодно проводят порядка 200 мероприятий с целью достижения лучшего взаимопонимания между военными и гражданскими лицами. В 2000 году проведено 338 мероприятий. На 2002 год было запланировано 205 мероприятий.

Таблица 8.11. Международная программа противодействия распространению (International Counterproliferation Program)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
2,1	8,363	8,958	9

Описание программы

При взаимодействии с таможенной службой США и ФБР предусмотрено проведение учений и оснащение сотрудников таможни, пограничников и сотрудников правоохранительных органов на территории бывшего СССР, Центральной и Восточной Европы для обнаружения, предупреждения контрабандных операций с ядерными материалами и борьбы с ними.

Результаты работ по программе

За период с 1997 по 2001 год проведены работы по обучению и оснащению персонала соответствующих организаций в 17 странах.

8.2. Программы Министерства энергетики

**Таблица 8.12. НИР в области нераспространения и контроля
(Nonproliferation and Verification R&D)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
239,721	259,407	234,407	203,873

Примечание. Ассигнования на 2003 год включают 20 миллионов долларов, дополнительно выделенные в соответствии с законопроектом о дополнительных чрезвычайных ассигнованиях на 2003 год. В эту цифру не входит финансирование Программы по обеспечению национальной безопасности в отношении химического и биологического оружия (69 миллионов), которая будет передана в новое Министерство национальной безопасности.

Описание программы

Работы в рамках программы сконцентрированы на двух ключевых направлениях:

- выявление фактов распространения (Proliferation Detection). Разработка и демонстрация технологий, направленных на предотвращение использования ядерных материалов не по прямому назначению, выявление и оценка ядерно-оружейных работ в странах риска, противодействие контрабандным операциям с ЯМ и проведение инспекционных проверок сокращения ядерных вооружений;
- мониторинг ядерных взрывов (Nuclear Explosion Monitoring). Создание и установка наземных и космических датчиков, способных обнаруживать, определять место проведения и квалифицировать атмосферные, космические, подводные и подземные ядерные взрывы.

Третья программа – национальная безопасность в отношении химического и биологического оружия (Chemical and Biological National Security) – в 2003 году была передана Министерству национальной безопасности. В рамках программы предусматривается разработка, демонстрационные испытания и внедрение технологий и систем для укрепления потенциала США по отражению ударов с применением химических и биологических средств.

Результаты работ по программе

1. Завершена разработка опытного образца датчика LIDAR и проведены летные испытания.
2. Заказчику передан для демонстрационных испытаний опытный образец широкодиапазонного радиочастотного датчика.
3. На основе спутниковых данных, полученных методом спектрального анализа теплового излучения, проведена оценка эффективности технологий дистанционного обнаружения деятельности в нарушение договора о нераспространении.
4. В январе на орбиту выведен спутник, оснащенный двумя детекторами ядерных взрывов нового поколения.
5. Разработана и внедрена система забора проб и анализа ДНК, предназначенная для раннего обнаружения угрозы биологической атаки во время проведения зимней олимпиады.
6. В Вашингтоне проведены демонстрационные испытания системы обнаружения химических веществ.

Таблица 8.13. Нераспространение и международная безопасность (Nonproliferation and International Security)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
95,904	90,646	114,668	101,734

Примечание. Ассигнования на 2003 год включают 22 миллиона долларов, дополнительно выделенные в соответствии с законопроектом о дополнительных чрезвычайных ассигнованиях на 2003 год. Дополнительные ассигнования включают 15 миллионов на работы за пределами бывшего СССР, 5 миллионов на проекты по международному экспортному контролю и 2 миллиона на исследования, связанные с оценкой уязвимости контейнеров для ядерного топлива.

Описание программы

В программе нераспространения и международной безопасности выделены четыре основных направления:

- политика нераспространения (Nonproliferation Policy). Предусматривает разработку технологий топливного цикла в рамках таких проектов, как Программа по снижению обогащения топлива для исследовательских и испытательных реакторов; поддержка глобальных режимов нераспространения в рамках таких международных соглашений, как Договор о нераспространении ядерного оружия, Конвенции о химическом и биологическом оружии; содействие в реализации региональных инициатив по нераспространению, особенно в Южной и Восточной Азии; содействие в демонтаже боеприпасов и обеспечении транспарентности делящихся материалов;
- международные гарантии (International Safeguards). Поддержка реализации гарантий МАГАТЭ; стимулирование международного сотрудничества в области выработки дополнительных мер по обеспечению гарантий; проведение инспекционных проверок по условиям Рамочного соглашения между США и Северной Кореей от 1994 года; повышение уровня безопасности и совершенствование механизма учета материалов оружейного типа в ряде республик бывшего СССР;
- экспортный контроль (Export Control). Регулирование американского ядерного экспорта; обеспечение режимов многостороннего экспортного контроля таких как Группа ядерных поставщиков и Комитет Цангера; сотрудничество с Россией и вновь образованными независимыми государствами с целью создания надежного действенного механизма экспортного контроля;
- договоры и соглашения (Treaties and Agreements). Обеспечение реализации инициатив, соглашений и договоров по нераспространению и международной безопасности; реагирование на непредусмотренные ранее требования в области нераспространения, имеющие значение для национальной безопасности США.

Результаты работ по программе

1. Помещены в контейнеры 3000 топливных сборок реактора БН-350 в Казахстане. Материал содержал несколько тонн оружейного плутония.
2. Обеспечена безопасность всего ОЯТ в Северной Корее в соответствии Рамочным соглашением от 1994 года.
3. Достигнуто предварительное соглашение с Россией по проблеме расходов, связанных с работами по обращению с ОЯТ и месту для пробного приема ОЯТ в рамках программы по возврату ОЯТ в Россию.
4. Проводились учебные мероприятия и рабочие совещания по проблемам нераспространения и коллективному мониторингу со специалистами из стран Ближнего Востока, Южной, Центральной и Восточной Азии.
5. Для американской таможни проведены демонстрационные испытания двух приборов – цифровой камеры для анализа в режиме реального времени подозрительных поставок грузов и анализатора, способного определять материалы двойного назначения, – с целью дальнейшего совершенствования системы экспортного контроля.

**Таблица 8.14. Международное сотрудничество и защита ядерных материалов
(International Nuclear Material Protection and Cooperation)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
170,452	314,591	333,077	226

Примечание. Ассигнования на 2003 год включают 106 миллионов долларов, дополнительно выделенные в соответствии с законопроектом о дополнительных чрезвычайных ассигнованиях на 2003 год. Дополнительные ассигнования включают 84 миллиона на разработку и установку в крупных портах мира детекторов радиоактивных материалов, 17 миллионов на обеспечение безопасности материалов, которые могут использоваться для создания диспергирующих радиоактивных устройств и 5 миллионов на проведение операций в Ираке.

Описание программы

В рамках программы по созданию системы учета защиты и контроля ядерных материалов (СУЗиК) (Material Protection, Control, and Accounting – MPC&A) проводится повышение физической безопасности российских ядерных предприятий. Администрацией по национальной ядерной безопасности Министерства энергетики США выявлено 105 ядерных объектов на территории бывшего СССР, на которых необходимо принять меры по повышению безопасности. На объектах (в числе которых 53 ядерных объекта ВМФ, 11 предприятий ядерно-оружейного комплекса Минатома, 10 объектов РВСН и 31 гражданский ядерный объект) хранится порядка 600 тонн оружейных материалов. Министерство энергетики США надеется завершить все мероприятия по повышению безопасности к 2008 году.

Программа СУЗиК, среди прочего, ориентирована и на создание в России прочного механизма для самостоятельного совершенствования мер обеспечения безопасности, в конечной цели без участия США.

Программа по консолидации и конверсии материалов (Material Consolidation and Conversion). Цель – сосредоточение оружейных материалов в меньшем числе мест.

Программа вторая линия обороны (Second Line of Defense). Цель – выявление несанкционированных перемещений ядерных и радиоактивных материалов за счет установки на пограничных пунктах аппаратуры по обнаружению.

Кроме того, программа должна способствовать реализации процесса обеднения высокообогащенного урана на ядерных объектах гражданского назначения, повышению уровня защищенности грузовых автомобилей и железнодорожных вагонов для перевозки ядерных материалов; в рамках программы предусмотрено проведение занятий по соблюдению режима нераспространения и контроля материалов, проведение инспекционных проверок на ядерных объектах.

Кроме того, программой предусмотрены работы по обеспечению защиты радиоактивных источников, которые могут использоваться для создания «грязной бомбы».

Результаты работ по программе

Таблица 8.15. Результаты работ по программе защиты ядерных материалов

	Число объектов	Количество оружейных материалов	Оперативное повышение безопасности	Всеобъемлющее повышение безопасности
Ядерный комплекс ВМФ	Хранилища ЯТ: 11	60 тонн	Выполнено	Выполнено для 98% материалов; 9 объектов из 11
	Хранилища ЯБП: 42	4000 ЯБП	Выполнено	Выполнено для 40% ЯБП; 7 объектов из 42
Ядерный оружейный комплекс Минатома	11	500 тонн	Выполнено для 20% материалов	Выполнено для 4% материалов
Гражданские ядерные объекты	31 (18 в России, 13 в – новых независимых государствах)	40 тонн	Выполнено для 98% материалов	Выполнено для 54% материалов; 24 объекта из 31
Итого	95	600 тонн	Выполнено для 40% материалов	Выполнено для 17% материалов; 40 объектов из 95

Примечание. Под оперативным повышением безопасности подразумевается: принятие мер по организации контролируемых зон и ограничению доступа сотрудников к ЯМ; внедрение «правил двух»; проведение инвентаризаций; закладка окон; укрепление дверей; установка замков и стальных решеток; проведение выборочной проверки охраны. Под всеобъемлющим повышением безопасности подразумевается: физическое укрепление объектов, обеспечивающее перераспределение охраны ближе к охраняемым материалам; установка внутренних и внешних детекторных систем, внутренних телевизионных систем наблюдения, электронных систем контроля доступа, централизованных систем тревоги; усовершенствование систем радиосвязи; проведение компьютерной инвентаризации ЯМ.

В результате реализации программы число зданий с оружейными материалами на территории бывшего СССР сократилось со 162 до 139.

В марте 2003 года Соединенные Штаты финансировали проведение крупной международной конференции по проблемам безопасности радиоактивных источников, которые могут использоваться для создания «грязной бомбы». В работе конференции приняли участие более 750 специалистов из 120 стран.

В России в низкообогащенный уран переработано более 3,25 тонн высокообогащенного урана.

Укреплены 141 грузовой автомобиль и 59 железнодорожных вагонов для перевозки ЯМ.

На 12 пограничных пунктах установлено детекторное оборудование.

**Таблица 8.16. Российская конверсионная инициатива
(Russian Transition Initiative)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 м (запрошенная сумма)
50,759	57	39,224	40

Описание программы

Начиная с 2002 года, Инициатива закрытых городов (Nuclear Cities Initiative) и Инициатива предупреждения распространения (Initiative for Proliferation Prevention) объединены в одну программу под названием Российская конверсионная инициатива.

Программа направлена на предотвращение «утечки мозгов» из российских оружейных предприятий в страны риска или террористические организации. С этой целью программа предусматривает привлечение на долгосрочной основе российских оружейных ученых, инженеров и техников к работам в проектах мирного назначения. Кроме того, проекты, реализуемые в рамках Инициативы закрытых городов, направлены на диверсификацию деятельности предприятий 10 российских «закрытых» городов с целью создания условий для развития коммерческой деятельности и переориентации на мирные работы.

Результаты работ по программе

Начиная с 1994 года, в 400 проектах приняли участие свыше 10000 бывших советских специалистов-оружейников.

К числу других достижений следует отнести следующее:

1. В январе 2003 года Инициатива предупреждения распространения и российская компания по разработке программного обеспечения «Люксофт» открыли курсы по обучению программированию оружейных специалистов из бывшего СССР. Курсы, действующие на базе Курчатовского института в Москве, помогут подготовить 500 научных сотрудников, инженеров и техников к последующему трудоустройству в индустрии глобальных информационных технологий.

2. В декабре 2001 года по инициативе США при участии российской стороны были предприняты меры по урегулированию проблем допуска в закрытые города, что позволит ускорить и расширить проекты, реализуемые в этих городах в рамках Инициативы закрытых городов.

3. В рамках Инициативы закрытых городов на 15% сокращена физическая площадь завода «Авангард» в Сарове. Россия подписала соглашение о прекращении к 2003 году производства ядерного оружия в Сарове.

4. В Сарове и Снежинске созданы открытые вычислительные центры, через которые можно вести работы по созданию программного обеспечения и математическому моделированию. В этих же городах основаны Центры по нераспространению для привлечения ученых к исследовательской и аналитической работе по проблемам нераспространения и внедрению в России культуры нераспространения.

4. В Железногорске и Снежинске открыты некоммерческие Центры международного развития, в задачи которых входит содействие диверсификации экономической деятельности в этих закрытых городах.

5. В январе 2002 года США и Казахстан приступили к реализации совместного проекта в рамках Инициативы предупреждения распространения, целью которого является создание условий для коммерческой деятельности бывшего оборонного предприятия – Ульбинского металлургического комбината в Казахстане. В рамках проекта предусмотрено создание мощностей по извлечению из урановых концентратов низкообогащенного урана для последующей продажи с целью использования в коммерческих энергетических реакторах. Еще один совместный проект, начатый в июле 2002 года, будет содействовать переориентации предприятия на производство медно-бериллиевого сплава в коммерческих целях. Предполагается, что два эти проекта позволят создать в общей сложности не менее 200 новых рабочих мест для бывших специалистов-оружейников.

Таблица 8.17. Транспарентность операций с высокообогащенным ураном (HEU Transparency Implementation)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
14,592	13,95	17,229	18

Описание программы

В феврале 1993 года США подписали соглашение о закупке 500 тонн высокообогащенного урана (эквивалент закладки в 20000 ЯБП), извлеченного из ликвидированных Россией ядерных боеприпасов. Соглашение действительно в течение 20 лет. Программа предусматривает предоставление гарантий, что поставленный Соединенным Штатам низкообогащенный уран действительно получен из оружейного материала. Транспарентность обеспечивается группами, осуществляющими мониторинг на месте с применением портативных приборов неразрушающего контроля и стационарного оборудования. Представителям России также предоставлена возможность контролировать работу американских предприятий, на которых перерабатывается разбавленный уран.

Результаты работ по программе

1. Начиная с 1995 года, проведен мониторинг переработки 179 тонн ВОУ (что достаточно для изготовления 7000 ядерных бомб). Американская Обоганительная Корпорация (USEC), действующая в качестве представителя в рамках соглашения о высокообогащенном уране, выплатила России за поставки НОУ, полученного из ВОУ, около 3 миллиардов долларов.

2. 19 июня 2002 года США и Россия подписали новое соглашение, предусматривающее установку гибких рыночных цен на оставшиеся 11 лет действия соглашения о закупках урана.

Таблица 8.18. Международное сотрудничество и ядерная безопасность (International Nuclear Safety and Cooperation)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
19,386	53,961	11,576	14,083

Описание программы

Цель программы – при поддержке иностранных правительств и международных организаций разрабатывать, внедрять и поддерживать на должном уровне меры по обеспечению повышенной безопасности на ядерных объектах, направленные на предупреждение аварий, уменьшение и ликвидацию их последствий.

Результаты работ по программе

1. Реализован план закрытия Чернобыльской АЭС на Украине и остановки реактора БН-350 в Казахстане.

2. В рамках программы безопасности ядерных реакторов советской постройки (Soviet-Designed Reactor Safety Program) в 9 странах на 26 объектах, имеющих 67 реакторных установок, реализованы соответствующие проекты. Эта программа будет закрыта в 2003 финансовом году.

**Таблица 8.19. Ликвидация делящихся материалов в США
(Fissile Material Disposition – U.S.)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
186,641	241,271	350	609,405

Описание программы

Цель программы – ликвидация избыточных запасов плутония и высокообогащенного урана в США и обеспечение того, что эти материалы удовлетворяют самым высоким международным стандартам безопасности, защиты и учета. Избыточными считаются около 38 тонн оружейного плутония и 174 тонны высокообогащенного урана.

В настоящее время технология переработки плутония в США практически полностью ориентирована на облучение МОХ-топлива для уничтожения избыточного плутония. В 2002 году финансирование альтернативной технологии – иммобилизации материала в керамическом стекле – полностью прекращено.

Американская технология переработки высокообогащенного урана состоит в разбавлении исходного материала до низкообогащенного урана для последующего использования в энергетических или исследовательских реакторных установках.

Таблица 8.20. Переработка плутония в России (Plutonium Disposition – Russia)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
39,507	60,936	98	47,1

Описание программы

В рамках соглашения, подписанного 4 июня 2000 года президентами Клинтоном и Путиным, США и Россия обязались переработать по 34 тонны оружейного плутония (путем его иммобилизации или облучения в МОХ-топливе). Реализуя программу, Соединенные Штаты оказывают России содействие в строительстве предприятия по демонтажу ЯБП и предприятия по производству МОХ-топлива.

Стороны обязались на начальном этапе перерабатывать по 2 тонны плутония в год с последующим увеличением этого количества в два раза.

Результаты работ по программе

1. Достигнута договоренность о выделении Великобританией, Японией и Францией 300 миллионов долларов на реализацию программы.

2. Завершены работы по конструированию активных зон реактора ВВЭР-1000 для использования в них МОХ-топлива.

3. Оказывается помощь в разработке газотурбинных модульно-гелиевых реакторов для расширения работ по переработке плутония в России.

**Таблица 8.21. Прекращение производства оружейного плутония в России
(Elimination of Weapons Grade Plutonium Production – Russia)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
Программа Министерства обороны	14,2	49,339	50

Описание программы

Начиная с 2003 года, Министерство энергетики США берет на себя ответственность за реализацию программы, ранее контролируемой Министерством обороны. Цель программы – прекращение производства оружейного плутония на трех оставшихся в России реакторах по производству

плутония. Хотя первоначально США планировали модернизировать активную зону реакторов, сделав ее непригодной для производства оружейного плутония, не была гарантирована безопасность модернизации. В настоящее время США и Россия рассматривают альтернативные технологии, в том числе использование ископаемого топлива для удовлетворения энергетических потребностей населения, проживающего в местах, где установлены реакторы.

Результаты работ по программе

1. 12 марта 2003 года министр энергетики США Спенсер Абрахам и министр по атомной энергии России А.Ю. Румянцев подписали соглашение об остановке российских реакторов по производству плутония. По условиям соглашения, США проведут модернизацию действующей ТЭЦ в Северске и построят новую ТЭЦ в Железногорске. Россия обязуется остановить три реактора в этих двух городах. На сегодняшний день оставшийся ресурс работы реакторов составляет приблизительно 15 лет, поэтому до окончания срока эксплуатации они смогли бы произвести еще 25 тонн плутония.

2. 27 мая 2003 года министр энергетики Спенсер Абрахам объявил, что Администрация по национальной ядерной безопасности заключила контракт по остановке российских реакторов с американскими компаниями Washington Group International и Raytheon Technical Services. Стоимость контрактов составляет приблизительно 466 миллионов долларов.

Таблица 8.22. Ускорение процесса переработки делящихся материалов (Accelerated Material Disposition)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
-	-	14	30

Описание программы

С 2004 финансового года Министерство энергетики приступит к реализации краткосрочной программы по изучению возможностей ускорения процесса переработки делящихся материалов в России. Проект предполагает закупку в России дополнительного высокообогащенного урана для его использования в качестве топлива американских исследовательских реакторов, закупку высокообогащенного урана для его последующего разбавления с целью дальнейшего хранения в американских хранилищах, и ускорение модернизации американских и российских исследовательских реакторов и их перевод на низкообогащенное урановое топливо.

8.3. Программы Государственного департамента

Таблица 8.23. Научные центры (Science Centers)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
35	37	52	59

Описание программы

Два действующих научных центра – Международный Научно-Технический Центр в Москве (МНТЦ) и Научно-Технический Центр на Украине – выделяют гранты и заключают контракты на проведение работ в мирных целях с участием бывших советских специалистов-оружейников.

Осуществляется также финансирование работ по переориентации деятельности в биохимической области с целью привлечения к мирным проектам бывших советских специалистов по биологии и химии.

Результаты работ по программе

1. К апрелю 2002 года через МНТЦ прошло финансирование 1600 проектов общей стоимостью 420 миллионов долларов, что позволило оплатить работу более 30000 научных сотрудников, инженеров и техников из бывшего СССР.

2. К 2002 году Украинский научно-технический центр принял 290 проектов общей стоимостью 42 миллиона долларов, что позволило обеспечить занятость порядка 6700 научных сотрудников и инженеров.

3. Центры поддерживают контакты с 98 частными научно-промышленными организациями в рамках 76 проектов общей стоимостью 24,1 миллиона долларов. По состоянию на май 2003 года через центры прошло 270 коммерчески приемлемых предложений с возможностью патентования.

**Таблица 8.24. Фонд нераспространения и разоружения
(Nonproliferation and Disarmament Fund)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
14,967	14	15	35

Описание программы

Фонд обеспечивает возможность оперативного решения непредвиденных проблем, связанных с нераспространением с целью 1) предупреждения распространения оружия массового поражения, средств его доставки и материалов; 2) уничтожения существующего оружия массового поражения, средств его доставки и материалов; 3) ограничения возможностей распространения современных неядерных вооружений и средств доставки.

Начиная с 2004 года, Фонд приступит к финансированию проектов в рамках Инициативы Безопасности материалов повышенного риска с целью оказания помощи соответствующим странам в создании эффективных механизмов учета и контроля радиоактивных веществ, отравляющих веществ и продуктов-предшественников. Проекты в рамках Инициативы будут осуществляться коллективными усилиями нескольких государственных организаций США и международных партнеров.

Результаты работ по программе

В августе 2002 года при финансовой поддержке Фонда была осуществлена транспортировка из Югославии в Россию высокообогащенного урана, которого хватило бы для изготовления двух ядерных бомб.

Таблица 8.25. Добровольные взносы в МАГАТЭ (IAEA Voluntary Contributions)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
50,548	49	52,9	50

Описание программы

Добровольная финансовая помощь МАГАТЭ со стороны США позволяет обеспечивать надежные технические гарантии и проводить инспекционные проверки.

Таблица 8.26. Подготовительная комиссия ДВЗЯИ (CTBT Preparatory Commission)

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
17,598	20	17,3	19,3

Описание программы

Финансовая поддержка со стороны США Подготовительной комиссии ДВЗЯИ обеспечивает возможность продолжения деятельности Временного технического секретариата и проведения работ по созданию Международной системы мониторинга для обнаружения ядерных взрывов.

**Таблица 8.27. Содействие в организации экспортного контроля
(Export Control Assistance)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
19,1	17	36	40

Описание программы

Программа, реализуемая при участии управления Госдепартамента по взаимодействию и санкциям в области экспортного контроля, предусматривает поставку в республики бывшего СССР, страны Центральной и Восточной Европы оборудования для обнаружения радиоактивных материалов и другой помощи с целью предотвращения контрабандных операций с такими материалами. Кроме того, в рамках программы осуществляется финансирование проектов по экспортному контролю, реализуемых при участии Министерства энергетики, таможенной службы и береговой охраны США.

Результаты работ по программе

- Закуплено три микроавтобуса, оснащенных детекторной аппаратурой, для России и один дополнительный микроавтобус для Польши.
- За период с 1998 по 2001 год в рамках программы выделено 40,2 миллиона долларов для таможенной службы США, 4,4 миллиона долларов для береговой охраны, 4,9 миллиона долларов Министерству энергетики на выполнение программы по Международному экспортному контролю, 4,5 миллиона долларов на выполнение программы Вторая линия обороны (Министерство энергетики) и 0,5 миллиона долларов на программу Специальные технологии (Министерство энергетики).

Примечание

Увеличение финансирования в 2003 году по сравнению с 2002 годом обусловлено передачей порядка 20,5 миллионов долларов в фонд поддержки работ по экспортному контролю, ранее выделяемых как оказание двусторонней помощи республикам бывшего СССР в соответствии с Законом о защите свободы.

**Таблица 8.28. Организация развития энергетики на Корейском полуострове
(Korean Peninsula Energy Development Organization)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
74,879	90,5	5	0

Описание программы

На Организацию возложена ответственность за выполнение Рамочного соглашения, заключенного в 1994 году между США и Северной Кореей, и предусматривающего финансирование строительства двух легководных реакторов и поставку Северной Корее топливного мазута до ввода в эксплуатацию первого реактора.

Будущее Организации стало проблематичным в связи с недавним признанием Северной Кореей факта скрытного проведения работ по созданию ядерного оружия в нарушение соглашения. В декабре 2002 года поставки топливного мазута были приостановлены, и, вероятнее всего, после выхода Северной Кореи из Договора о нераспространении ядерного оружия будет прекращено строительство реакторов. Если средства не будут использованы на нужды Организации, они могут быть переадресованы МАГАТЭ.

На 2004 год администрация Буша не запрашивала продолжения финансирования проектов Организации развития энергетики на Корейском полуострове.

8.4. Другие программы

Содействие в организации экспортного контроля (Министерство торговли США) (Export Control Assistance – Department of Commerce)

Описание программы

Бюро экспортной администрации при Министерстве торговли взаимодействует с российскими государственными и негосударственными организациями в плане оказания помощи в создании юридической базы для установления экспортного контроля, совершенствовании механизма лицензирования, усилении экспортного контроля и использовании соответствующих технологий экспортного контроля.

Результаты работ по программе

К концу 2001 года Бюро экспортной администрации оказало содействие в проведении почти 40 рабочих встреч, в которых приняли участие более 550 участников.

**Таблица 8.29. Фонд гражданских исследований и разработок
(Civilian Research and Development Foundation)**

2001 год	2002 год	2003 год	2004 год (запрошенная сумма)
14	14	14	14

Описание программы

Госдепартамент выделяет средства Фонду гражданских исследований и разработок, являющемуся неправительственным некоммерческим фондом, основанным по инициативе американского правительства, на проведение работ по переориентации специалистов-оружейников на деятельность в мирных целях.

Результаты работ по программе

Почти половина средств Фонда расходуются на привлечение специалистов-оружейников из республик бывшего СССР к работам в мирных целях. С 1995 года на средства Фонда реализовано свыше 300 проектов стоимостью 16 миллионов долларов, в которых принимали участие более 1000 человек.

9. УГРОЗЫ ГЛОБАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ

Распад СССР и ликвидация противостояния СССР-США (и связанных с ними блоков) породили ощущение избавления от чрезвычайной опасности и надежды на вступление в более спокойную, безопасную и предсказуемую эпоху для всей цивилизации. Отсутствие ядерного катаклизма при исчезновении одной из ядерных сверхдержав, процесс демонтажа огромных ядерных арсеналов являются основным стимулом, питающим идею «безъядерного мира». В то же время хорошо известно, что современный мир (мир «общества потребления» и роста народонаселения) имеет глубокие болезни, которые принято называть экономическим неравенством (удельный ВВП в различных странах отличается в десятки раз), демографическим кризисом (неконтролируемый рост населения в одних странах и резкое сокращение численности населения в других), территориальными проблемами и этнокультурной несовместимостью (более половины населения планеты живет в странах с территориальными, этническими и религиозными конфликтами), истощением среды обитания (угроза истощения ключевых природных ресурсов). Поскольку эти проблемы имеют определенные количественные характеристики, то мы проиллюстрировали их в разделе 3. Основной вывод достаточно хорошо известен: при отсутствии эффективной системы глобального регулирования весьма вероятно, что цивилизация будет достаточно быстро деградировать и, как это было уже неодно-

кратно, вступит в полосу силового передела источников существования и масштабных военных конфликтов.

В отсутствии ядерного оружия в таких условиях могут беспрепятственно использоваться другие виды ОМУ – биологическое и химическое оружие. Хотя существует конвенция о запрещении этих видов оружия, идет процесс ликвидации запасов химического оружия, химическая промышленность и биотехнологии настолько прочно связаны с существующей экономикой, что не существует никаких эффективных барьеров, препятствующих возобновлению при необходимости производства этих ОМУ. Более того, целый ряд веществ, которые ранее использовались в химическом оружии, сегодня имеют огромный рынок применения и производятся в больших количествах (их типичными примерами являются цианиды и фосген). Другие вещества, которые также имеют широкое гражданское применение, являются непосредственными предшественниками в технологической цепи производства опасных ОВ (типичным примером является тиодигликоль).

Мы не ставим под сомнение целесообразность конвенций по запрещению химического и биологического оружия и приветствуем их, мы просто отмечаем, что их действие будет продолжаться только до тех пор, пока один или несколько ключевых членов этих конвенций не сочтут, что участие в них угрожает основным интересам их национальной безопасности. В этом случае это оружие быстро появится снова. Эта особенность хорошо известна, и она отражается, в частности, тем, что в конвенциях речь идет о запрещении, а не об уничтожении возможностей создания такого оружия (что неосуществимо). Поэтому в военных конфликтах будущего подобные виды ОМУ действительно могут быть применены.

Очевидно, что в условиях подобного мира наличие ядерного оружия предоставит его обладателям дополнительные существенные гарантии их безопасности, прежде всего по отношению к государствам, не имеющим его, но владеющим другими видами ОМУ. Поскольку существующее ограниченное число ядерных государств научилось регулировать свои отношения друг с другом, то можно прогнозировать, что они будут стремиться сохранить свой особый статус и, с одной стороны, будут всеми силами поддерживать политику нераспространения ЯО, а с другой стороны, постараются заменить идею безъядерного мира «минимальным ядерным присутствием». Вполне возможно, что такой подход, допускающий наличие ядерных сил сдерживания у ряда ответственных государств, обеспечит более стабильное и безопасное развитие цивилизации в целом, чем «безъядерный» мир. Вопрос состоит в том, сможет ли такая ситуация оставаться стабильной в течение длительного времени, или рост глобальных кризисов приведет к тому, что механизмы сдерживания распространения в этом сценарии перестанут быть эффективными, и в мире появится значительное количество новых ядерных государств, стремящихся к переделу ресурсов или консервации своих особых преимуществ и интересов.

Для того, чтобы обсуждение возможной роли в будущем ядерного оружия стало более предметным, рассмотрим некоторые причины возможных глобальных конфликтов.

Ни одно государство или группа государств не в состоянии разрешить эти проблемы в масштабах всей цивилизации. Только коллективные действия всех стран в условиях полного понимания ситуации и доверия к предпринимаемым противокризисным мерам будут в состоянии если и не преодолеть обсуждаемые кризисы, то хотя бы существенно сгладить их остроту и не доводить дело до масштабных региональных или мировых военных конфликтов. Необходимо учитывать, что первыми предвестниками таких конфликтов являются беспрецедентный рост терроризма как регионального, так и международного, и явления, связанные с бегством огромного количества населения из конфликтных районов. Эти процессы получили существенное развитие во второй половине XX века.

9.1. Демографический и экономический дисбаланс

Первая причина связана с «демографическим и экономическим дисбалансом». Для иллюстрации проблемы разобьем мир на две части: страны, входящие в ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития, которая включает в себя 29 основных экономически развитых стран), и остальные государства. В таблице 8.30 приведены относительные характеристики изменения мирового ВВП по паритету покупательной способности (ППС) в период с 1997 до 2050 года в двух сценариях. Первый сценарий предполагает сохранение удельного ВВП на душу населения в среднем в

обеих группах государств на существующем уровне (20370 долларов на человека для ОЭСР, 3160 долларов на человека для остальных государств). Второй сценарий предполагает выравнивание к 2050 году удельного ВВП для всех государств к существующему уровню удельного ВВП для ОЭСР. В качестве прогноза изменения численности населения использованы данные Статистического бюро Министерства торговли США.

Таблица 8.30. Относительные характеристики изменения мирового ВВП

	1997 год			2050 год					
	ЧН	УВВП	ВВП	I сценарий			II сценарий		
				ЧН	УВВП	ВВП	ЧН	УВВП	ВВП
ОЭСР	1,1	1	1,1	1,24	1	1,24	1,24	1	1,24
Остальные страны	4,9	0,155	0,76	8,06	0,155	1,25	8,06	1	8,06
Всего	6	0,31	1,86	9,3	0,27	2,49	9,3	1	9,3

Примечание. ЧС – численность населения (млрд. человек); УВВП – удельный ВВП в относительных единицах (за единицу принят средний удельный ВВП в странах ОЭСР в 1997 году); ВВП – общий ВВП в относительных единицах ($\text{ВВП} = \text{ЧС} \cdot \text{УВВП}$). Абсолютное значение мирового объема ВВП в 1997 году составляло 38 трлн. долларов.

Из приведенных данных следует:

- выравнивание удельных экономических показателей в странах мира к 2050 году на достигнутом среднем уровне ВВП для стран ОЭСР потребует роста ВВП в 5 раз по сравнению с существующим объемом или на 3,2% в год в течение 50 лет. Такие показатели возможны для периода экономического роста. Так, в течение 1990–1997 годов средний рост мирового ВВП составлял приблизительно 4% в год. Однако, трудно представить себе (при отсутствии глобального регулирования экономики), что подобный рост возможен в течение 50 лет;
- сохранение диспропорции удельных ВВП на существующем уровне (при отсутствии дальнейшего роста удельного ВВП в странах ОЭСР) потребует роста ВВП к 2050 году в 1,34 раза по сравнению с существующим объемом или на 0,55% в год;
- доля государств ОЭСР в мировом ВВП, составлявшая 59% в 2000 году, будет составлять 50% и 13,3% в 2050 году в рамках I и II сценариев соответственно.

С точки зрения существующих ценностей представляется абсурдным, чтобы государства ОЭСР практически утратили бы какое-либо экономическое значение, как следует из сценария II (это теоретически возможно только в рамках глобальной мировой экономики, регулируемой Мировым Правительством). Вместе с тем маловероятно и то, что в течение столь длительного времени могла бы сохраниться диспропорция в УВВП в рамках сценария I. Маловероятно и то, чтобы государства ОЭСР заморозили бы УВВП на существующем уровне в масштабах всего рассматриваемого промежутка времени.

Это хорошо известное противоречие «Север-Юг» или «Запад-Восток». В рамках существующего политического процесса это противоречие регулируется стимулированием роста экономики в отдельных странах «Второго мира» и различными программами помощи.

Следует обратить внимание и на чисто демографическую сторону дела. Рассматриваемый прогноз предполагает, что как государства ОЭСР, так и страны «Второго мира» увеличат численность населения. Однако, если для государств ОЭСР этот рост оценивается за 50 лет в 1,13 раза, то для остальных государств – в 1,64 раза. При этом внутри 29 государств ОЭСР рост численности населения прогнозируется только в 7 странах (в 1,46 раза), в то время как численность населения остальных 22 государств сократится (в 1,26 раза). Очевидно, что этот процесс будет мощным стимулом для борьбы за перераспределение экономических ресурсов и влияния.

Несколько слов о самих характеристиках демографического прогноза Статистического бюро США. Это достаточно мягкий прогноз роста численности населения. Как видно из таблицы 8.30, в

предстоящие 50 лет прогнозируется рост численности населения в мире в целом в 1,55 раза или в среднем на 0,88% в год. Эта величина существенно меньше скорости роста в 1,75% в год за последние 50 лет и даже 1,5% в год за последние 10 лет. Если предположить, что эта существующая скорость роста населения сохранится, то к 2050 году в мире должно проживать 12,7 миллиардов человек. При этом даже в рамках первого сценария общий рост ВВП должен будет составить 1,62 раза (около 1% в год), а доля государств ОЭСР в общем ВВП уменьшится до 41%. В рамках второго сценария общий рост ВВП должен будет составлять 6,8 раз (3,7% в год), а доля государств ОЭСР уменьшится при этом до 10%.

9.2. Топливо-энергетический дисбаланс

Составной частью общего демографического и экономического дисбаланса является топливо-энергетический дисбаланс. Этот дисбаланс, однако, представляет большой интерес, так как, с одной стороны, он характеризует важную проблему использования сырьевых ресурсов, а с другой стороны, определяет пределы роста экономики существующего типа.

Таблица 8.31. Характеристики потребления первичных энергоносителей в мире в 1997–1998 году

	ОЭСР	Остальные	Всего
Общее потребление, млрд. т н.э.	5,1	4,35	9,45
Удельное потребление, т/1000 долларов ВВП	0,225	0,28	0,25

Примечание. 1 т н.э. – 1 тонна нефтяного эквивалента, равная 9,8 Гкал.

В соответствии с данными таблиц 8.30 и 8.31, в таблице 8.32 приведены прогнозы роста потребления первичных энергоносителей в мире к 2050 году. Характеристики приведены для сценария 1 в предположении сохранения энергоемкости ВВП для государств ОЭСР и остальных стран на существующем уровне, а для сценария 2 при использовании существующего уровня энергоемкости ВВП для государств ОЭСР.

Таблица 8.32. Прогнозы роста потребления первичных энергоносителей в мире к 2050 году

	ОЭСР	Остальные	Всего
Сценарий 1. Ежегодное потребление, млрд. т н.э.	5,75	7,15	12,9
Сценарий 2. Ежегодное потребление, млрд. т н.э.	5,75	37,35	43,1
Сценарий 1. Интегральное потребление к 2050 году, млрд. т н.э.	271	287	558
Сценарий 2. Интегральное потребление к 2050 году, млрд. т н.э.	271	1042	1313

Примечание. 1 т н.э. – 1 тонна нефтяного эквивалента, равная 9,8 Гкал.

В рамках первого сценария предполагается рост потребления первичных энергоносителей на уровне 0,6% в год и 3% в год для второго сценария. Отметим, что в последние 10–15 лет реальный рост потребления первичных энергоносителей составил около 1% в год.

Для того чтобы оценить энергетическую приемлемость обоих сценариев развития, необходимо сравнить эти данные с известными запасами основных органических энергоносителей – нефти, газа и угля (под известными запасами понимают запасы, которые могут быть добыты с помощью существующих технологий за приемлемую цену).

Таблица 8.33. Характеристики запасов органического топлива в целом в мире в абсолютном выражении и в пересчете на тонны нефтяного эквивалента

	Нефть	Газ	Уголь
В абсолютных единицах	159 млрд. куб. м	146 трлн. куб. м	986 млрд. т
В млрд. т н.э.	145	133	537

Примечание. При определении характеристик было принято: 1 куб. м нефти соответствует 0,91 т н.э., 1000 куб. м газа соответствует 0,91 т н.э., 1 т каменного угля соответствует 0,67 т н.э., 1 т бурого угля соответствует 0,31 т н.э.

В соответствии с данными таблицы 8.33 общие известные запасы органических энергоносителей оцениваются в 815 миллиардов тонн н.э. Сравнивая этот параметр с данными таблицы 8.32, видно, что органические энергоносители не в состоянии обеспечить развитие экономики по второму сценарию, а возможность развития экономики по первому сценарию также достаточно проблематична (отметим, что на долю органических энергоносителей приходится около 85% потребления всех первичных энергоносителей).

9.3. Территориально-демографический дисбаланс

Хорошо известны длительные региональные конфликты, связанные с территориальными проблемами, которые часто осложнены религиозными и этническими противоречиями. Приведем только основные из них, которые существуют в данное время или происходили в недавнем прошлом. Многие из них породили различные международные или региональные террористические движения.

В вооруженных конфликтах, приведенных в таблице 9.5, участвует 34 государства и ряд территорий, на которых проживает около 3,7 миллиарда человек или более 60% населения планеты. Многие из этих конфликтов длятся десятилетиями и в обозримом будущем им не видно окончания.

Таблица 8.34. Длительные региональные конфликты

Государство	Тип конфликта
Алжир	Исламское фундаменталистское движение за изменение государственной структуры
Ангола	Этнический вооруженный конфликт
Армения-Азербайджан	Этно-религиозное сепаратистское движение армянского населения Нагорного Карабаха (Азербайджан)
Афганистан	Гражданская война между движением Талибан и Северным альянсом (объединение старых моджахедов)
Босния и Герцеговина	Этно-религиозный конфликт между боснийскими мусульманами, сербами и хорватами
Великобритания	Сепаратистское движение католического населения Северной Ирландии
Грузия	Этническое сепаратистское движение за отделение Абхазии и Южной Осетии
Демократическая Республика Конго	Этнический вооруженный конфликт
Израиль-Палестина	Гражданская война за создание Палестинского арабского государства
Индия-Пакистан	Этно-религиозное сепаратистское движение в Кашмире
Индонезия	Этно-религиозное сепаратистское движение в Восточном Тиморе
Испания	Этническое сепаратистское движение басков
Кипр	Этно-религиозный конфликт между греческим и турецким населением
КНР	Борьба за воссоединение Тайваня. Сепаратистское движение в Тибете и Синьцзяне
КНДР – Южная Корея	Идеологическо-политический конфликт в связи с разделением страны
Ливан	Этно-религиозный конфликт

Государство	Тип конфликта
Македония	Этно-религиозный конфликт между албанцами и македонцами
Молдова	Этническое сепаратистское движение за отделение Приднестровья
Мьянма	Этнический вооруженный конфликт
Пакистан	Исламское фундаменталистское движение за изменение государственной структуры
Россия	Этно-религиозное сепаратистское движение в Чечне
Руанда-Бурунди	Этническая война народов тутси и хуту
Сомали	Гражданская война
Судан	Этнический вооруженный конфликт
США	Атака международного терроризма. Борьба с режимом Талибана в Афганистане
Турция-Иран-Ирак	Этно-религиозное сепаратистское движение за создание Курдского государства
Шри-Ланка	Этническое сепаратистское движение тамиллов
Филиппины	Религиозное сепаратистское движение в Минданао
Югославия	Этно-религиозное сепаратистское движение албанцев за отделение Косово

Индо-пакистанский конфликт после распада Британской Индии и получения независимости в 1947 года с самого начала приобрел характер ожесточенной этно-религиозной борьбы, и без сомнения, оказал важное влияние на политические решения о создании ядерного оружия этими странами. В настоящее время этот конфликт принял форму борьбы за отделение от Индии территории Кашмира и обострения индо-мусульманских взаимоотношений внутри индийского государства. В свою очередь, в Пакистане он содействует исламизации государственной власти.

Получение независимости английскими и французскими колониями на Ближнем Востоке и создание государства Израиль в 1947 году привели к ожесточенному этно-религиозному конфликту между Израилем и соседними арабскими государствами. Этот конфликт определил необходимость создания государством Израиль ядерного оружия. В настоящее время конфликт принял форму борьбы за создание арабского государства в Палестине.

Демографический фактор будет приводить к обострению существующих и возникновению новых территориальных конфликтов. Рассмотрим ряд территорий, для которых возможно такое развитие событий.

1. Израиль.

Израиль относится к числу государств с высокой плотностью населения и имеет очень низкий показатель площади используемой земли (28% общей площади), приходящейся на одного человека.

Таблица 8.35. Прогноз роста численности населения Израйля

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	5,64	276	0,1
2050 год	8,96	439	0,064

Следует заметить, что используемый в таблице 9.6 прогноз роста численности населения Израйля предполагает средний прирост населения в год на уровне 0,9% в год, что в два раза меньше показателей в данное время (1,9% в год, включая 0,5% в год за счет иммигрантов). Мы предположили также, что количество используемой земли к 2050 году сохранится на существующем уровне. Некоторым решением в данное время острого территориального кризиса в Израиле является то, что практически все население страны (91%) живет в городах.

Израиль является одновременно государством с острым территориальным дефицитом и высоким уровнем экономического развития. УВВП по ППС составляет для него 17150 долларов на человека в год.

Еще более тяжелая ситуация с земельными ресурсами существует на территории арабской Палестины (Западный Берег и сектор Газа). На территории в 6000 квадратных километров проживает 2,61 миллиона человек, чему соответствует плотность населения в 435 человек на квадратный километр. Количество используемой земли (60% общей площади) на одного человека составляет

здесь 0,18 га/человека. Прирост численности населения на этих территориях оценивается в данное время в 4,7% в год (включая 1% в год за счет иммигрантов).

Палестинские территории находятся в тяжелых экономических условиях. УВВП по ППС составляет здесь 1450 долларов на человека в год (или 0,23 от среднего мирового показателя).

2. Египет.

Это государство также существует в условиях острого территориального кризиса, определяемого тем, что, хотя Египет и большая страна, количество используемой в нем земли крайне мало (около 2%).

Таблица 8.36. Прогноз роста численности населения Египта

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	66	66	0,03
2050 год	117	117	0,017

В прогноз заложен средний рост численности населения Египта в среднем в 1,1% в год; в настоящее время он составляет 1,9% в год. Положение усложнено тем, что вне городов проживает 55% населения страны.

Для страны с территориальным дефицитом (по обрабатываемой земле) Египет имеет относительно высокие экономические показатели. УВВП по ППС составляет 4050 долларов на человека в год (или 0,64 от среднего мирового показателя).

3. Индия. Индия давно живет в условиях острого территориального кризиса.

Таблица 8.37. Прогноз роста численности населения Индии

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	984	330	0,18
2050 год	1706	572	0,1

В прогноз заложен средний рост численности населения Индии в среднем 1,05% в год; в настоящее время он составляет 1,7% в год. Вне городов в Индии проживает 73% населения страны. В стране используется 61% земли.

Индия имеет низкие средние характеристики экономического развития. УВВП по ППС составляет 1560 долларов на человека в год (или 0,25 от среднего мирового показателя).

4. Пакистан.

Пакистан также существует в условиях территориального кризиса.

Таблица 8.38. Прогноз роста численности населения Пакистана

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	135	173	0,2
2050 год	260	333	0,1

В прогноз заложен рост численности населения в среднем 1,25% в год; в настоящее время он составляет 2,2% в год (с учетом оттока в 0,2% за счет эмиграции из страны). Вне городов в Пакистане проживает около 65% населения страны. В стране используется 34% земли.

В Пакистане невысокий уровень экономического развития. УВВП по ППС составляет здесь 2550 долларов на человека в год (или 0,4 от среднего мирового показателя).

5. Бангладеш.

Это государство находится в условиях острого территориального кризиса, еще более тяжелого, чем в Индии.

Таблица 8.39. Прогноз роста численности населения Бангладеш

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	128	955	0,084
2050 год	211	1574	0,051

В прогноз заложен рост численности населения в среднем 1% в год; в настоящее время он составляет 1,8% в год. Вне городов в стране проживает около 80% населения. В стране используется 80% земли.

Бангладеш существует в тяжелых экономических условиях. УВВП по ППС составляет 1310 долларов на человека в год (или 0,21 от среднего мирового показателя).

6. Бурунди и Руанда.

Эти два соседних государства являются примерами африканских государств, существующих в условиях жесткого территориального кризиса, усугубляемого этническими противоречиями, приведшего в конце XX века к массовой гибели (около одного миллиона человек) людей и огромным потоком беженцев.

Таблица 8.40. Прогноз роста численности населения Бурунди и Руанды

		Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
Бурунди	1998 год	5,54	216	0,41
	2050 год	17,3	675	0,13
Руанда	1998 год	8	318	0,21
	2050 год	19,6	784	0,084

Нехватка земли усугублена тем, что вне городов проживают в Бурунди 92%, а в Руанде – 94% населения. Количество используемой земли составляет 89% в Бурунди и 66% – в Руанде. Уровни УВВП в этих странах крайне низки, составляя 11% и 6% от среднего мирового показателя.

7. Уганда.

Уганда является примером африканской страны с развивающимся территориальным кризисом.

Таблица 8.41. Прогноз роста численности населения Уганды

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	22,2	111	0,39
2050 год	91,4	457	0,094

В стране используется 43% земельной площади. Вне городов проживает 87% населения. Уганда существует в тяжелых экономических условиях. УВВП в ней составляет 1560 долларов на человека в год (0,25 от среднего мирового показателя).

8. Филиппины.

Филиппины существуют в условиях территориального кризиса.

Таблица 8.42. Прогноз роста численности населения Филиппин

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	77,7	261	0,135
2050 год	150,3	504	0,07

В прогноз заложен рост численности населения в среднем в 1,2% в год; в настоящее время он составляет 2,2% в год. В стране используется 35% земли, а вне городов проживает 45% населения. УВВП составляет 3140 долларов на человека в год (0,5 среднего мирового показателя).

9. Ливан.

Ливан существует в условиях жесткого территориального кризиса.

Таблица 8.43. Прогноз роста численности населения Ливана

	Численность населения, млн. человек	Плотность населения, человек на кв. км	Количество используемой земли на одного человека, га
1998 год	3,5	343	0,09
2050 год	5,6	549	0,056

В прогноз заложен рост численности населения в среднем в 0,9% в год; в настоящее время он составляет 1,6% в год. В стране используется 31% земельной площади. Земельный кризис отчасти разрешается тем, что 88% населения Ливана проживает в городах. УВВП составляет 4350 долларов на человека в год (0,69 от среднего мирового показателя).

10. ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ЯДЕРНОГО РАЗОРУЖЕНИЯ

Соотношение между риском и преимуществами всестороннего ядерного разоружения, во-первых, и, прежде всего, обусловлено эволюцией международной политической системы. Если между крупными державами нарастает враждебность, если их правительства являются нестабильными, непредсказуемыми или склонными к обмену, или если технологически развитые государства нарушают международные нормы поведения, соотношение «преимущество-опасность» будет оставаться неблагоприятным. С другой стороны, если у крупных держав будут хорошие отношения, если процессы принятия решений и развертывание оружия этими государствами будут достаточно прозрачны, и они будут уверены, что и другие страны придерживаются международных норм, а также если они будут стремиться к принятию коллективных мер для противостояния агрессии и будут способны осуществить это на деле, то перспективы для запрещения ядерного оружия будут значительно лучше. При этом не подразумевается, что всестороннее ядерное разоружение потребует создания всемирной Утопии, но очевидно, что для этого необходима реальная позитивная эволюция в международной политике. Для подобных необходимых изменений потребуется время и, возможно, много времени. Эти изменения не могут быть изменениями для «избранных» стран, и в мире без ядерного оружия они должны действовать для всех государств, а не только для владеющих в настоящее время ядерным оружием.

Устранение вооруженных конфликтов между странами не является неперенным условием для запрещения ядерного оружия. Хотя статья VI ДНЯО призывает к «Соглашению о всеобщем и полном разоружении» в связи с ядерным разоружением, это нельзя назвать ни необходимым, ни достаточным условием. Страны не примут запрещения ядерного оружия или не будут соблюдать

его условий, пока они не будут уверены в том, что без ядерного оружия их первостепенные интересы будут защищены должным образом. Основным атрибутом суверенитета – это способность защищать себя, будь это посредством национальных ресурсов или с помощью систем альянсов или других международных средств. Должны быть предприняты серьезные усилия по достижению всесторонних международных договоренностей, чтобы сбалансировать обычные силовые структуры и развертывание оружия на самых низких уровнях, согласующихся с интересами национальной и международной безопасности, и при самых низких затратах для мировой экономики.

Для всестороннего ядерного разоружения потребуется высокоэффективная система контроля для подтверждения того, что демонтировано все ядерное оружие, и что все делящиеся материалы ликвидированы или находятся под международной охраной. Система безопасности должна будет обеспечить своевременное предупреждение о любой попытке изготовить новое ядерное оружие или воссоздать демонтированную ядерную инфраструктуру. Большинство требуемых инспекционных процедур и наблюдательных средств должны быть разработаны вместе со следующими шагами по сокращению национальных ядерных арсеналов до количества в несколько сотен боеголовок и наряду с повышением эффективности международных инспекций. Основное отличие – это то, что государства должны быть в большей степени уверены в надлежащем функционировании системы проверки, когда количество ядерного оружия сведется к нулю, что потребует очень высокого уровня сотрудничества и прозрачности между странами.

Для поддержки режима, запрещающего ядерное оружие, к техническим средствам проверки можно было бы добавить национальные и международные законы, считающие преступником любое лицо, замеченное в участии в разработке, изготовлении, приобретении, перевозке или применении ядерного оружия. Важное значение также имели бы меры, направленные на повышение роли разведки. Такие меры могли бы оказаться особенно ценными для раскрытия деятельности, которую трудно обнаружить другими способами, например, такой, как сокрытие ядерного оружия или оружейных материалов.

До тех пор пока существуют атомные электростанции и другие технологии мирного использования ядерной энергии, всегда будет существовать опасность того, что сопутствующие материалы и средства могут быть использованы в военных целях. Поэтому в мире без ядерного оружия в центре внимания окажутся управление и структура гражданской атомной деятельности. В «плане Баруха», выдвинутом в 1946 году, рассматривался вопрос о создании «Международного комитета по атомным разработкам», который бы контролировал все работы по добыче, переработке и поставкам урана, являлся бы владельцем всех установок, способных производить делящиеся материалы, и проводил бы инспекцию и лицензирование любой другой деятельности по использованию ядерной энергии. Хотя сейчас большинство атомных производств является частной собственностью, некоторые элементы ядерного топливного цикла, вызывающие особую тревогу, следовало бы ограничить или отдать под международный контроль. Хранилища делящихся материалов, которые могли бы использоваться для оружия, а также установки, производящие или использующие такие материалы (осуществляющие обогащение и переработку), можно поставить под управление подобного международного агентства. Кроме того, можно было бы модифицировать топливные циклы, чтобы затруднить незаконное использование «мирных» ядерных материалов и снизить или, по возможности, ликвидировать производство и использование делящихся материалов в формах, непосредственно используемых в ядерном оружии.

Вопрос о роли развития ядерной энергетики (в широком смысле, включая обеспечение ядерных исследований или разработку ядерных силовых установок) очень важен для данной проблемы. В связи с этим мы рассматриваем его в отдельном разделе.

Два момента представляются очевидными. Во-первых, при использовании только технических средств ни один режим контроля, который можно представить, не даст твердой уверенности в том, что им учтено все изготовленное ядерное оружие и весь полученный делящийся материал. Нельзя исключить возможности того, что государство, обладавшее в прошлом ядерным арсеналом, сохранило несколько «бомб в запасе» или достаточное для их создания количество ДМ. Во-вторых, способность многих стран создать новое ядерное оружие затруднит осуществление своевременного предупреждения о попытке его изготовления, особенно, если для этого были бы использованы делящиеся материалы из гражданских установок.

В то же время, если бы отношения между всеми государствами характеризовались таким же партнерством, какое существует сейчас между США, Великобританией и Францией, то опасения по

поводу «бомб в запасе» или изготовления нового ядерного оружия были бы существенно меньше. Возможность обмана или несоблюдения условий будет являться причиной для серьезного беспокойства, и в этом плане режим разоружения должен предусматривать меры для предотвращения таких возможностей и по борьбе против таких действий.

Мероприятия по обеспечению режима могли бы включать в себя гарантии по безопасности, подразумевающие обязательства помогать жертвам ядерных атак или эффективно воздействовать на те страны, которые предприняли попытки создать или развернуть ядерное оружие или использовать его для устрашения. Одним из видов коллективной безопасности могли бы стать международные войска, оснащенные ядерным оружием или обычными видами вооружений достаточной эффективности, чтобы сдерживать и предотвратить использование ядерного оружия или карать за его применение. Если бы коллективные меры безопасности были решительными (что определяется политической волей и военной возможностью карать нарушителей), или если бы государства понимали, что любое преимущество, которое можно было извлечь, нарушив договор, будет существовать недолго (например, потому что другие государства быстро воссоздадут свои арсеналы), попытки к обману или к нарушению условий договора были бы редки.

В любом соглашении, запрещающем ядерное оружие, должно оговариваться, что входит в понятие ядерного оружия и какие действия, касающиеся ядерного оружия, будут считаться допустимыми, а какие – нет. Под запретом может находиться целый спектр видов деятельности, относящейся к оружию, от теоретических и экспериментальных работ по проблемам ядерной физики до строительства и эксплуатации мирных ядерных установок, поддержания способности разработки и изготовления ядерного оружия, сохранения установок для этих целей или хранения запасов оружейных компонентов. Независимо от того, ближе к какой границе данного спектра будет размещена линия раздела, свои преимущества и недостатки будут всегда.

Существует мнение, что, если странам будет разрешено поддерживать способность создавать ядерное оружие в короткий промежуток времени, то сдерживающее действие ядерного оружия будет еще сильнее. В свою очередь это позволит запретить ядерное оружие без необходимости в коренных изменениях в международном режиме. В этой схеме оружейные установки, деятельность, материалы или компоненты, связанные с оружием, должна находиться под международным контролем. Попытка какой-либо страны получить компоненты или использовать эти установки явилась бы сигналом для других стран, способных изготавливать ядерное оружие, тем самым побуждая их провести сборку и подготовку своего ядерного оружия. Знание того, что любая попытка нарушить договор о разоружении вызовет быстрые нейтрализующие действия со стороны других государств, удержит от обмана, так как обманные действия не позволят создать выгодные условия на долгий срок. Если странам будет разрешено поддерживать возможность воссоздавать ядерное оружие, то это также ослабит для них стимул сохранить некоторое количество скрытого ядерного оружия для защиты на тот случай, если другие государства сделают то же самое.

В этой модели возникают две потенциальные проблемы. Во-первых, имея разрешение на поддержание возможности создавать ядерное оружие, при ослабленном контроле государству будет легче нарушить нормы, а обман будет труднее обнаружить. Разрешенные работы в ядерной оружейной области имели бы важное значение для тайных программ и создали бы фон законной деятельности, на котором было бы сложнее обнаружить незаконные действия.

Во-вторых, ситуация, в которой страны будут готовы возобновить изготовление ядерного оружия и его развертывание, могла бы создать опасную нестабильность, создав «цепную реакцию» таких работ во многих странах и тем самым усиливая кризис. Если же демаркационную линию провести ближе к другой границе спектра, то проверка будет проще, и можно было бы увеличить период, предшествующий ядерному перевооружению.

Эти рассуждения иллюстрируют важность обеспечения стабильности режима всестороннего ядерного разоружения. Если во время кризиса запрещение на владение ядерным оружием создало бы мотивы для обманных действий или стало бы стимулом к перевооружению, риск ядерной войны был бы выше при режиме разоружения, чем при сохранении небольших национальных арсеналов. Три вышеуказанных фактора – международная политика, проверка и меры безопасности – должны взаимодействовать так, чтобы они не допускали подобных стимулов и возникновения условий, противоречащих цели разоружения.

11. ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВООРУЖЕНИЙ

Борьба за запрещение и уничтожение ядерного оружия началась еще до того, как атомные бомбардировки американской авиацией Хиросимы и Нагасаки в августе 1945 года продемонстрировали всему миру разрушительную мощь нового оружия. Ученые, участвовавшие в Манхэттенском проекте, предвидели ужасные последствия возможного применения ядерного оружия и призывали к учреждению международных органов для его контроля и уничтожения.

В январе 1946 года в самой первой резолюции Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций основала комиссию по атомной энергии, которой поручалось выработать предложения «относительно контроля над атомной энергией» и «исключения из национальных арсеналов атомного оружия».

Период с 1945 по 1985 год характеризовался военно-политическим противодействием Востока и Запада, отражавшего идеологический конфликт между ними. Эта титаническая борьба двух соперничавших идеологий породила неограниченную гонку ядерных вооружений, результатом которой было создание огромных ядерных арсеналов (в середине 1992 года, мировые запасы ядерного оружия составляли около 50 000 зарядов). Она же не позволяла тогда говорить о безъядерном мире как о реальной цели.

Вместе с тем, даже в тот период были предприняты важные усилия по ограничению гонки ядерных вооружений. Среди наиболее важных международных договоров времен «холодной войны», ограничивающих гонку вооружений и распространение ядерного оружия как по вертикали (гонка вооружений между сверхдержавами), так и по горизонтали, можно отметить:

- Договор об Антарктике (1959);
- Договор о частичном запрещении ядерных испытаний (1963);
- Договор о запрещении ядерного оружия в Латинской Америке (Договор Тлателолко) (1967);
- Договор о нераспространении ядерного оружия (1968);
- Договор об ограничении систем противоракетной обороны (1972);
- Договор о безъядерной зоне южной части Тихого океана (Договор Раротонга) (1985).

Несмотря на то, что задача достижения полного ядерного разоружения была во времена «холодной войны» отложена, в преамбулах многих заключенных в то время договоров можно было найти заявление о том, что уничтожение ядерного оружия остается конечной целью.

Краеугольным камнем существующего режима нераспространения является Договор о нераспространении ядерного оружия. Основной целью ДНЯО было прекращение распространения ядерного оружия по горизонтали посредством заключения соглашения между государствами, обладавшими к тому моменту ядерным оружием (Великобритания, Китай, Соединенные Штаты, Советский Союз и Франция) и государствами его не имевшими. В соответствии со Статьей VI договора, которая гласит, что «Каждый Участник настоящего Договора обязуется в духе доброй воли вести переговоры об эффективных мерах по прекращению гонки ядерных вооружений в ближайшем будущем и ядерному разоружению, а также о договоре о всеобщем и полном разоружении под строгим и эффективным международным контролем», государства-участники ДНЯО, обладающие ядерным оружием, формально обязались стремиться к прекращению гонки вооружений и полному разоружению. В обмен на это государства-участники, не обладающие ядерным оружием, обязались не стремиться к приобретению этого оружия. В годы «холодной войны» Договор о нераспространении ядерного оружия сыграл важную роль в ограничении распространения ядерного оружия, хотя он и не смог предотвратить дальнейшую гонку ядерных вооружений между Востоком и Западом.

На исходе XX столетия человечество окончательно закрыло страницу «холодной войны». С окончанием идеологической конфронтации была решена важнейшая задача – практически ликвидирована угроза глобальной ядерной войны. Перед государствами открылись небывалые возможности решения международных проблем на пути взаимодействия и международного сотрудничества. В начале 90-х годов многим казалось, что вскоре наступит эра всеобщего мира и спокойствия. Ка-

залось, что идея безъядерного мира, наконец, получила реальный шанс перейти в стадию практической реализации.

И действительно, в конце 80-х и первой половине 90-х годов удалось достичь заметных успехов в области контроля над ядерными вооружениями и снижения ядерной угрозы:

- были подписаны договора СНВ-1 (1991) и СНВ-2 (1993), которые предусматривали трехкратное сокращение стратегических ядерных арсеналов Соединенных Штатов и России;
- был подписан договор о ликвидации РСМД (1987), в соответствии с которым Соединенные Штаты и СССР ликвидировали целый класс ракет средней и меньшей дальности;
- президентами Соединенных Штатов (1991) и России (1992) были выдвинуты односторонние инициативы по сокращению нестратегических ядерных вооружений;
- президент России 27 мая 1997 года заявил о ненацеливании стратегического ядерного оружия. Впоследствии подобные заявления были сделаны руководством остальных четырех официальных ядерных государств;
- все официальные ядерные государства сделали односторонние заявления о прекращении производства расщепляющегося материала для ядерного оружия;
- состоявшаяся в 1995 году Конференция участников Договора о нераспространении ядерного оружия по рассмотрению и продлению действия Договора решила, что «Договор остается в силе бессрочно»;
- в период с 1990 по 1996 год все официальные ядерные государства объявили о прекращении ядерных испытаний и объявили мораторий на проведение ядерных взрывов;
- в сентябре 1996 года был открыт для подписания Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний;
- в апреле 1996 года был открыт для подписания Договор о зоне, свободной от ядерного оружия в Африке (Договор Пелиндаба);
- в 1994 году удалось временно разрешить кризис вокруг ядерной программы Северной Кореи.

Однако сегодня, спустя четырнадцать лет после падения Берлинской стены, мы видим, что это время было скорее временем разочарований для тех, кто надеялся на скорейшее ядерное разоружение. Импульс, приобретенный процессом разоружения, был к концу 90-х годов утрачен, а в отдельных аспектах ситуация повернулась вспять. При этом серьезные удары были нанесены и по международному режиму нераспространения:

- Соединенные Штаты в июне 2002 году вышли из Договора об ограничении систем противоракетной обороны (Договор по ПРО) (1972);
- в ответ на выход США из Договора по ПРО, Россия заявила о выходе из Договора СНВ-2;
- в 2003 году, спустя семь лет после его подписания, Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний все еще не вступил в силу;
- в мае 1998 года Индия и Пакистан провели серию ядерных испытаний, фактически объявив о том, что они стали новыми государствами, обладающими ядерным оружием;
- в 2003 году Северная Корея заявила о выходе из ДНЯО и возобновлении своей ядерной программы;
- в ходе международных инспекций была уничтожена инфраструктура ядерной оружейной программы Ирака;
- на карте мира так и не появились новые зоны, свободные от ядерного оружия: не вступил в силу Договор Пелиндаба, медленно идет процесс подготовки договора о безъядерной зоне в Средней Азии.

В последнее время все чаще слышны голоса, которые говорят о кризисе процесса разоружения и режима нераспространения. Чем это вызвано? Прежде всего, ни одно из официальных ядерных государств не собирается отказываться от обладания ядерным оружием. Более того, не ограниченное никакими условиями бессрочное продление действия ДНЯО в 1995 году фактически закрепило положение, когда пяти постоянным членам Совета Безопасности ООН разрешается иметь ядерное оружие в мире, где всем другим его иметь запрещено.

Следует отметить, что причины для сохранения ядерного статуса различны для разных государств. Великобритания и Франция, не имея оправданной военной необходимости для обладания ядерным оружием, рассматривают его как политический инструмент, обеспечивающий этим государствам возможность участвовать на равных с другими ядерными государствами в принятии важных политических и военных решений. При этом необходимость сохранения ядерного оружия по-прежнему оправдывается концепцией ядерного сдерживания. В Обзоре стратегической оборонной политики от июля 1998 года говорится, что Великобритания должна сохранять свою систему ядерных вооружений Trident, поскольку ядерное сдерживание продолжает играть ключевую роль в обеспечении безопасности Великобритании и НАТО.

В Концепции национальной безопасности Российской Федерации от января 2000 года говорится, что «важнейшей задачей Российской Федерации является осуществление сдерживания в интересах предотвращения агрессии любого масштаба... Российская Федерация должна обладать ядерными силами, способными гарантированно обеспечить нанесение заданного ущерба любому государству-агрессору ... в любых условиях обстановки». Россия рассматривает ядерное оружие и как политический инструмент, обеспечивающий ей определенный международный статус, и как военный инструмент, позволяющий компенсировать ее нынешнее отставание в обычных вооружениях. Следует также учитывать такие аспекты как продолжающееся расширение НАТО и особенно геополитического положения России.

Китай никогда не имел на вооружении значительных стратегических ядерных сил, и всегда заявлял о своей приверженности идее безъядерного мира и готовности последовать за другими ядерными государствами по пути его создания. В настоящее время, однако, Китай проводит программу модернизации своих ядерных сил. Он, в частности, разрабатывает твердотопливную мобильную межконтинентальную ракету DF-31, которая, возможно, будет оснащаться разделяющимися головными частями. Появление такой ракеты может существенно изменить характеристики ядерных сил КНР.

Самое большое влияние на сегодняшние мировые процессы в области контроля над вооружениями и нераспространения оказывает политика новой администрации Соединенных Штатов Америки. Эта политика направлена на достижение подавляющего военного превосходства США. Эта военная мощь, включая ядерное оружие, должна быть использоваться для защиты национальных интересов Соединенных Штатов в любой точке земного шара, в том числе, превентивно. В Стратегии национальной безопасности США, увидевшей свет в сентябре 2002 года, говорится, что «Соединенные Штаты сохраняют за собой возможность осуществлять превентивные действия для противодействия значительной угрозе нашей национальной безопасности... Для опережения и предотвращения враждебных действий со стороны наших противников, Соединенные Штаты будут, если необходимо, действовать превентивно». Ради достижения такого превосходства США готовы отказаться от принятых на себя международных обязательств.

В связи с проведением шестой Конференции по рассмотрению действия Договора о нераспространении ядерного оружия в мае 2000 года (и первой такой конференции после бессрочного продления действия договора), делегации Китая, Российской Федерации, Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, Соединенных Штатов Америки и Франции выступили с официальным заявлением о том, что они «твердо привержены делу выполнения всех своих обязательств по этому договору». Они также заявили о своей «твердой приверженности делу реализации конечных целей полной ликвидации ядерного оружия и заключения договора о всеобщем и полном разоружении под строгим и эффективным международным контролем».

Участники Конференции, включая государства, обладающие ядерным оружием, согласились на 13 практических шагов по реализации Статьи VI ДНЯО, включая:

- ратификацию и обеспечение скорейшего вступления в силу Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ);
- необходимость заключения конвенции о запрещении производства расщепляющегося материала для ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств;

- применение принципа необратимости к мерам по ядерному разоружению;
- недвусмысленное обязательство государств, обладающих ядерным оружием, осуществить полную ликвидацию своих ядерных арсеналов;
- скорейшее вступление в силу и полное осуществление Договора СНВ-2 и заключение как можно скорее Договора СНВ-3 «при сохранении и укреплении Договора об ограничении систем противоракетной обороны в качестве краеугольного камня стратегической стабильности»;
- приложение государствами, обладающими ядерным оружием, дальнейших усилий по сокращению своих ядерных потенциалов в одностороннем порядке;
- повышение государствами, обладающими ядерным оружием, уровня транспарентности в отношении потенциала ядерного оружия;
- конкретные меры по дальнейшему снижению степени боевой готовности систем ядерных вооружений;
- уменьшение роли ядерного оружия в политике обеспечения безопасности.

Положения появившегося в январе 2002 года Обзора состояния ядерных вооружений фактически означают, что США отказываются от осуществления большинства из этих шагов. Основной идеей Обзора является не сделать процесс разоружения необратимым, а наоборот, обеспечить на многие десятилетия вперед возможность быстрого восстановления огромного арсенала ядерных вооружений и средств доставки, а также возможность разрабатывать и испытывать новые виды ядерного оружия.

Обзор формирует новую политику США в области ядерных вооружений, одной из основных целей которой является – сделать угрозу применения силы со стороны США более правдоподобной. Обзор предлагает создание так называемой «новой триады», состоящей из:

- ударных наступательных систем (ядерных и неядерных);
- оборонительных систем (активных и пассивных);
- возрожденной оборонной инфраструктуры, которая своевременно обеспечит новые возможности в ответ на возникающие угрозы.

Новая ядерная политика США предусматривает угрозу применения ядерного оружия против государств, которые могут быть заподозрены в обладании оружием массового уничтожения (ядерным, биологическим или химическим).

Обзор состояния ядерных вооружений поддерживает расширение исследований по разработке ядерных вооружений с новыми возможностями, например, боеприпасов-проникателей для уничтожения подземных сооружений, космических вооружений и других. Обзор предусматривает модернизацию исследовательских и производственных мощностей для разработки и производства новых ядерных вооружений. Предусматривается значительное уменьшение времени готовности к проведению ядерных испытаний в случае принятия решения об их возобновлении.

В то же время, Обзор отвергает большинство существующих и планируемых международных договоров, целью которых является предотвращение дальнейшей гонки вооружений.

Как следствие этой новой политики Соединенные Штаты отказались ратифицировать ДВЗЯИ и вышли из Договора по ПРО.

Создание такой «новой триады» будет означать появление большого числа новых современных высокотехнологичных систем вооружений. Это может привести к тому, что другие ядерные государства, столкнувшись с превосходством США в области обычных вооружений, модернизированным ядерным арсеналом и все новыми системами высокотехнологичных вооружений, предпочтут сохранить существующие ядерные арсеналы или предпримут усилия по их модернизации и наращиванию. Неядерные государства могут решить, что только обладание ядерным оружием позволит им хоть как-то противостоять военной мощи США.

События в Ираке показали, что Соединенные Штаты могут использовать военную силу там и тогда, когда они сочтут это необходимым, несмотря на позицию большинства членов Совета Безо-

пасности ООН и разногласия среди членов НАТО. При этом Соединенные Штаты склонны демонстрировать двойные стандарты в вопросе нераспространения и борьбы с оружием массового уничтожения. Они являются главным союзником Израиля, государства много лет назад создавшего ядерное оружие как последнее средство защиты еврейского государства во враждебном арабском окружении. Однако Соединенные Штаты закрывают глаза на ядерное оружие в Израиле и используют борьбу с оружием массового уничтожения как главную причину оккупации Ирака, в котором это оружие так до сих пор и не найдено.

Официальные ядерные государства, бессрочно закрепив за собой ядерный статус, пытаются игнорировать изменившуюся обстановку в мире. Они отказываются принять новую ситуацию в Южной Азии, сложившуюся после проведения Индией и Пакистаном ядерных испытаний. Их реакция свелась к заявлениям, что «Индия и Пакистан в соответствии с Договором о нераспространении ядерного оружия не могут иметь статуса обладающих ядерным оружием государств», и призывами к Индии и Пакистану присоединиться к ДНЯО в качестве безъядерных государств. Вряд ли это самый лучший способ реагирования на такое неблагоприятное развитие событий. Соединенные Штаты, при этом, призывают Индию и Пакистан присоединиться к ДВЗЯИ, договору, который Конгресс США отказался ратифицировать как не отвечающий национальным интересам США.

В целом мир, к сожалению, не стал более безопасным местом после окончания «холодной войны». На смену угрозе мировой ядерной катастрофы пришли новые вызовы – такие как международный терроризм, глобальные финансово-экономические кризисы, национальный и религиозный экстремизм и сепаратизм, углубление региональных кризисов, жертвами которых становятся сотни тысяч людей. Масштаб этих угроз многократно возрос под воздействием такого сложного и противоречивого явления, как глобализация. С одной стороны, в условиях глобализации резко усиливается взаимосвязь между государствами, и региональные конфликты начинают угрожать всеобщей безопасности. С другой стороны, глобализация углубляет неравномерность экономического развития государств, появляются «глобализирующие» и «глобализированные» государства, что приводит к накоплению кризисного потенциала во многих странах мира. Глобализация приводит также к частичной потере суверенитета государства, когда часть его власти переходит к транснациональным корпорациям, финансовым рынкам и международным организациям, таким как Всемирная торговая организация или Международный валютный фонд. Государства, чья экономика и суверенитет ослаблены глобализацией, могут попытаться вернуть часть утраченной безопасности за счет наращивания военной мощи. Некоторые из них могут решить, что наилучшим средством для этого может быть ядерное оружие.

Между тем, в краткосрочной перспективе, чтобы действительно укрепить национальную и глобальную безопасность, продемонстрировать свою приверженность принятым на себя международным обязательствам и предотвратить развитие негативных процессов в области разоружения и нераспространения ядерного оружия, ядерные государства должны были бы осуществить следующие шаги:

- принять меры по укреплению роли ООН и других международных организаций;
- приложить усилия для решения региональных конфликтов, прежде всего конфликтов на Ближнем Востоке и в Южной Азии;
- ратифицировать Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний;
- осуществить необратимые проверяемые сокращения ядерных вооружений на основе двусторонних и многосторонних договоров;
- принять конкретные меры по снижению степени боевой готовности систем ядерных вооружений;
- принять политику неприменения ядерного оружия первыми против неядерных государств и других ядерных оружейных государств;
- начать многосторонние консультации и переговоры об уничтожении ядерного оружия во всем мире.

12. СОСТОЯНИЕ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ

12.1. Кризис режима нераспространения

Можно вполне определенно заявить, что ни в России, ни тем более в мире в целом нет не только последовательной политики в отношении обеспечения режима нераспространения, но даже не сформирован общепризнанный комплекс целей в этой области. Ясность существует только по отношению к ряду отдельных элементов (в том числе и очень важных) этой проблемы. Приведем ряд примеров.

Ядерные испытания Индии и Пакистана в 1998 году вызвали достаточно острую негативную реакцию в мире и со стороны ряда государств, и со стороны «ядерной общественности». При этом:

- практически все противодействие этой одиозной демонстрации двумя странами своего вхождения в категорию ядерных оружейных государств свелось только к достаточно широкой международной дискуссии;
- США, хотя и проявили озабоченность созданием ядерного оружия Индией и Пакистаном, прореагировали на это весьма вяло. Это удивительно, поскольку в Пакистане сильны позиции исламского фундаментализма, в том числе в его крайне фанатичных проявлениях. Недаром ядерные испытания Пакистана были объявлены созданием «исламской бомбы». Следует отметить для объективности, что в Индии также существуют религиозные фанатики и действуют различные террористические группы;
- Россия по существу отнеслась к этому событию, как к внутреннему делу двух государств. Среди значительной части российской «ядерной общественности» создание Индией ядерного оружия было встречено, по меньшей мере, с пониманием, если не с одобрением.

Хотя Израиль не заявил официально о своем ядерном оружейном статусе, как это сделали Индия и Пакистан, общепризнано, что он обладает ядерным оружием. Отношение США к этому можно охарактеризовать в целом как благожелательное. Хотя наши лидеры еще в период существования СССР публично критиковали создание ядерного оружия Израилем, наше государство, на фоне противостояния ядерной коалиции США, Великобритании и Франции, это не слишком волновало. Что касается позиции России, то нам неизвестны случаи определенного осуждения создания Израилем ядерного оружия, а значительная часть «ядерной общественности» с пониманием относится к этому.

Одна из попыток активного силового противодействия распространению ОМУ была связана с войной 1991 года в Персидском заливе. Однако далеко не очевидно, что Запад предпринял бы вообще какие-либо силовые действия против Ирака, если бы он не вторгся в Кувейт. Вторжение США и Великобритании в Ирак в 2003 году, по-видимому, вообще не имеет никакого отношения к противодействию распространения ОМУ, тем более ядерного. Представляется вероятным, что одним из итогов этой войны будет рост стремлений ядерных государств усилить свои ядерные возможности, а некоторые неядерные государства интенсифицируют свою деятельность по созданию ядерного оружия.

Хотя Договор о нераспространении ядерного оружия декларирует продвижение к безъядерному миру, а США и Россия произвели и предполагают далее производить сокращения своих ядерных арсеналов, стало очевидным, что ни одно из этих государств не собирается отказываться от своего ядерного статуса. Глобальное противостояние СССР и США ушло в прошлое, обслуживающий это противостояние огромный ядерный арсенал стал не нужен, и это явилось причиной двустороннего процесса сокращения ядерных вооружений России и США. Вместе с тем вероятность того, что мир будет более безопасным, становится все более сомнительной. Внутригосударственная критика ядерного статуса США, достаточно сильная в начале 90-х годов, ослабела, и на повестку дня встала программа обеспечения ядерных возможностей США, адаптированных к новым условиям. Россия в 2000 году в Концепции национальной безопасности и в новой военной доктрине подтвердила свой ядерный оружейный статус. Великобритания, Франция и КНР проводят программы модернизации своих ядерных сил. И хотя такая политика, по-видимому, является правильной с точ-

ки зрения национальных интересов каждого государства, укреплению режима нераспространения это не содействует. Поэтому можно сделать следующий прогноз в рамках нового отношения к нераспространению:

- ядерное оружие будет продолжать существовать и, возможно, будет существовать еще очень долго. В конечном счете, все будет определяться типом и остротой новых кризисов;
- появление новых ядерных оружейных государств вполне возможно. Все будет определяться пониманием государствами своих ключевых национальных интересов и их оценкой новых угроз.

12.2. Угроза ядерного терроризма

Следует отметить существенную разницу в международной реакции на попытки создания ядерного оружия государствами и подобной деятельностью со стороны отдельных организаций. Последнее справедливо рассматривается как угроза ядерного терроризма и всеми безоговорочно осуждается. Для предупреждения этой угрозы страны активно сотрудничают в области охраны ядерных материалов, технологий, ключевой информации и создании соответствующих экспертных барьеров. Однако:

- информационные барьеры на пути распространения ядерного оружия стали в последнее время фикцией. Когда-то (в середине 50-х годов XX века) они являлись эффективным средством. В наше время развитие ядерной науки и техники, возможности компьютерного моделирования, объем существующей информации, возможности подготовки специалистов любого профиля достигли такого уровня, что этого барьера по существу нет;
- барьеры на пути производства или приобретения ядерных материалов постепенно слабеют. Основная причина — это распространение гражданских ядерных технологий и ядерной энергетики. В мире в ядерных энергетических реакторах уже наработано около 2000 тонн «гражданского плутония». Активно развивается процесс по его выделению. Великобритания и Франция стали промышленными гигантами по выделению «гражданского плутония» и произвели его более 200 тонн (практически столько же, сколько выделили плутония США и СССР за всю историю своих ядерных программ) для собственных нужд, а также в качестве промышленных услуг Германии, Японии, Италии, Испании, Швеции, Швейцарии. Отметим, что, когда Россия заявила о планах по импорту 20000 тонн ОЯТ и его переработке для гражданского использования, Запад отнесся к этому неодобрительно. Великобритания и Франция уже де-факто реализовали программу такого объема и собираются ее расширять. К этой деятельности сейчас активно присоединяется Япония. Планируется широкое использование выделенного плутония в МОХ-топливе ядерной энергетики различных государств. В мире происходит беспрецедентный рост транснационального движения плутония;
- ядерные страны осуществляют услуги по развитию ядерной энергетики и ядерной технологической базы в других государствах. Хорошо известно, что такая поддержка со стороны ряда западных государств содействовала развитию ядерных оружейных программ некоторых государств, например, Аргентины и Бразилии, которые подошли достаточно близко к созданию ядерного оружия. При этом трудно сказать, что это были государства со стабильными политическими режимами и отсутствием экстремизма. В 60-е годы первые шаги в создании инфраструктуры ядерных исследований в Иране осуществлялись при поддержке США, а развитие ядерной энергетики Ирана в 70-е годы предполагалось осуществить при содействии Германии. Все это делалось при шахском режиме в преддверии исламской революции;
- существенное расширение в мире ядерной инфраструктуры определяет одну из основных угроз ядерного терроризма. Во-первых, при этом многократно растет число ядерных объектов, в отношении которых могут быть совершены террористические действия. Во-вторых, при этом расширяются возможности получения террористическими организациями ядерных материалов для создания ядерных взрывных устройств. В ряде государств, уже имеющих развитую ядерную инфраструктуру, сильны экстремистские позиции различного типа: националистические, религиозные, идеологические и т.д.

Таким образом, и в этой сфере обеспечения нераспространения не все очевидно. Терроризм – недопустим, нераспространение – хорошо, а «бизнес есть бизнес».

12.3. Угрозы технологического прогресса

Для процесса нераспространения существенным является и прогресс ядерных технологий, связанный с самим фактом существования ядерного оружия и необходимостью его сопровождения.

Ярким примером этого является широкое внедрение ПЭВМ за последние десять лет. Не нужно комментировать важность ПЭВМ для процесса сопровождения. Следует отметить, что ПЭВМ играют важную роль и в программах безопасности ядерного оружия СФЗ и СУиК. Однако это же развитие приводит к невиданным до недавнего времени возможностям концентрации ключевой информации на новых информационных носителях.

Важное значение имеет использование достижений ЯОК в других отраслях, например, использование элементов систем подрыва и организации сложных гидродинамических течений, разработанных в организациях ЯОК для использования в обычном оружии. Вместе с тем развитие взрывных технологий делает возможным оперативное вскрытие различных видов защитных контейнеров и обеспечение подрыва боеприпаса за толстыми защитными экранами.

Следует отметить, что методики физико-математического моделирования, которые не так давно были абсолютно уникальными и использовались только в ЯОК, становятся все более общедоступными в связи с совершенствованием подобных методик в других отраслях науки и техники.

Таким образом, налицо имеется объективный процесс, определяемый общим ходом научно-технического прогресса: совершенствуются методы сопровождения ядерного арсенала и растут возможности доступа к технологиям и информации, необходимой для создания ядерного оружия. Можно прогнозировать, что со временем эти тенденции будут усиливаться, несмотря на то, что мы будем предпринимать все меры для гарантированного обеспечения сохранности материалов, технологий и информации внутри ЯОК.

Отметим, например, что общий технологический уровень многих государств таков, что уже сейчас при наличии необходимых средств и воли нет препятствий для отработки в герметичных камерах ядерных зарядов на принципе имплозии (без реализации ядерного взрыва). Вся конструкция ядерного заряда может быть заблаговременно отработана скрытым образом, и единственным барьером, который отделяет эту модель от того, чтобы она стала полноценным ядерным зарядом, может быть только отсутствие необходимых делящихся материалов.

Вызывает беспокойство широкое обращение в мире дейтерия. Если вдруг необходимые делящиеся материалы окажутся в руках террористов или агрессивных режимов, то барьер, который будет отделять в этом случае ядерную угрозу от термоядерной, может оказаться не очень большим.

Во многих странах производство тяжелой воды составляет сотни тонн в год. В то же время использование в термоядерных устройствах всего нескольких десятков килограмм дейтерия может привести к катастрофическим последствиям.

Развитие информационной системы, безусловно, будет делать более доступными достижения в технологиях, которые могут способствовать созданию элементов ЯЗ и ЯБП, и будет также облегчать поиск поставщиков различных материалов и возможных разработчиков необходимого оборудования для создания ЯО, будет стимулировать интенсивное развитие идей, способствующих разработке и применению оружия.

Подведем некоторые итоги. В мире осуществляется более или менее контролируемый режим распространения, в который время от времени вторгаются стихийные процессы. Состояние режима нераспространения не дает большого оптимизма на достижение безъядерного мира, по крайней мере, в достаточно близкой перспективе.

12.4. Структурные особенности ядерных оружейных и ядерных гражданских программ

Ядерная энергетика в ее существующем виде является в научно-техническом, технологическом и историческом плане прямым результатом развития ЯОК. Оба комплекса, как хорошо известно, частично включают в себя идентичные (или близкие) ключевые технологии.

Таблица 8.44. Ключевые технологии ядерных оружейных и ядерных гражданских программ

Ядерный оружейный комплекс		Ядерная энергетика	
1.	Добыча урана и производство уранового концентрата	1.	Добыча урана и производство уранового концентрата
2.	Создание технологий по обогащению урана	2.	Создание технологий по обогащению урана (для большинства типов ядерно-энергетических циклов)
3.	Производство гексафторида урана и процесс обогащения до уровня VOU	3.	Производство гексафторида урана и процесс обогащения до уровня HOY (для большинства типов ядерно-энергетических циклов)
4.	Производство металлического урана	4.	Производство ядерного топлива на основе двуокиси урана (металлический уран используется только в реакторах типа GCR)
5.	Создание ядерных энергетических реакторов различных типов (GCR, HWR, LWGR) для производства оружейного плутония. Прямым результатом работы является производство оружейного плутония	5.	Создание ядерных энергетических реакторов различных типов (PWR, BWR, HWR, LWGR, GCR, AGR) для производства электроэнергии. Прямым результатом работы является производство энергетического плутония
6.	Создание технологий по радиохимической переработке ОЯТ и выделению плутония	6.1	Хранение ОЯТ без радиохимической переработки
		6.2	Создание технологий по радиохимической переработке ОЯТ, выделение плутония и урана
7.	Производство металлического плутония	7.	Производство MOX-топлива на основе двуокиси выделяемого плутония (для отдельных видов ядерно-энергетических циклов)

К основным отличиям технологических этапов ядерной энергетики от ЯОК относятся:

- **По пп. 2, 3.** При использовании в ядерных энергетических реакторах ядерного топлива на основе природного урана (реакторы GCR и HWR) создание технологий по обогащению урана не обязательно.
- **По п. 4.** различие несущественно, так как технология производства металлического урана общедоступна.
- **По п. 5.** Первые ядерные энергетические реакторы были адаптацией ядерных оружейных реакторов (LWGR, GCR, HWR). Различие в изотопных составах оружейного и энергетического плутония определяется энерговыработкой ОЯТ, которую, с экономической точки зрения, выгодно увеличивать, а для максимизации содержание $Pu-239$ выгодно уменьшать.
- **По п. 6.** Отсутствие радиохимической переработки ОЯТ является важным барьером на пути к созданию ядерного оружия, однако этот вид технологии в промышленном или лабораторном виде уже существует во многих государствах.
- **По п. 7.** Различие слабо существенно, так как технология производства металлического плутония может быть развита.

Ключевыми моментами для отделения друг от друга этих двух технологических систем могут быть:

- отсутствие переработки ОЯТ ядерных энергетических реакторов;
- обеспечение высоких уровней энерговыработки ОЯТ с целью максимизации отличий изотопного состава энергетического плутония от оружейного;
- концентрация обогатительных производств в нескольких международных центрах, обслуживающих все потребности мировой ядерной энергетики;
- концентрация хранения ОЯТ в нескольких международных центрах, обслуживающих все производство ОЯТ мировой ядерной энергетики.

Однако для практического осуществления подобных действий огромное значение играет масштабный фактор – фактический объем мировой ядерной энергетики и перспективы ее развития.

12.5. Производство энергетического плутония

К началу 2003 года общий объем электровыработки на 530 действующих и оставленных ядерных реакторах АЭС оценивается в 5200 ГВт·лет. Этому объему электроэнергии соответствует оценка наработки энергетического плутония в 2000 тонн (включая плутоний, находящийся в ядерных реакторах). При этой оценке закладывались средние уровни наработки плутония в реакторах различного типа (0,29 кг плутония на ГВт·сутки для PWR, 0,54 кг плутония на ГВт·сутки для HWR и GCR и т.д.) и использовалось соотношение между тепловой и чистой электрической энерговыработкой $P_{эл}^0 = 3,4 \cdot P_m$. В 2001 году общая выработка электроэнергии АЭС составила 284 ГВт·лет, а годовая наработка плутония составила около 105 тонн. В рамках существующего топливного цикла сжигание ядерного топлива, соответствующего объему уранового сырья в 4 миллиона тонн, приведет к наработке 7500 тонн энергетического плутония, а сжигание ядерного топлива, соответствующего запасу уранового сырья в 13 миллионов тонн, – к наработке 24000 тонн энергетического плутония. При достижении больших глубин выгорания ОЯТ уровень наработки плутония может быть несколько меньше.

Количество ОЯТ, которое будет при этом произведено, составит не менее 1,6 миллиона тонн (при подавляющем использовании обогащенного ядерного топлива для реакторов PWR). При этом, как отмечалось выше, доля ядерной энергетики в общем производстве электроэнергии с неизбежностью будет сокращаться.

Для классификации плутония достаточно широко используются следующие категории:

- «оружейный» плутоний [weapon-grade plutonium (WGPu)], определяемый как материал с содержанием изотопа Pu-240 не более 7%;
- «топливный» плутоний [fuel-grade plutonium (FGPu)], определяемый как материал с содержанием изотопа Pu-240 в пределах от 7% до 19%;
- «реакторный» плутоний [reactor-grade plutonium (RGPu)], определяемый как материал с содержанием изотопа Pu-240 более 19%.

Как правило, в состав плутониевого материала входят пять изотопов: Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242, нарабатываемые в ядерных реакторах в цепочке последовательных захватов нейтронов и распадов на ядрах U-238, а также изотоп Pu-238, нарабатываемый в основном в цепочке последовательных захватов нейтронов и распадов на ядрах U-235 и, отчасти, в цепочке захватов и распадов на U-238. Содержание изотопов в производимом плутонии в сильной степени варьирует от энерговыработки ядерного топлива и изотопного состава урана (то есть степени обогащения топлива на U-235), а также типа реактора, определяющего особенности его нейтронного спектра.

Принятая градация типов плутония представляется слишком примитивной и не соответствующей сущности проблемы. Плутоний, который может использоваться в оружии, должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- у него должны быть приемлемые критмассовые характеристики;
- он должен обладать необходимой технологичностью (у него должны быть достаточно высокие конструкционные свойства);
- он должен удовлетворять необходимым требованиям по радиационной безопасности.

Если материал удовлетворяет этим требованиям, он является потенциальным оружейным материалом независимо от того, получен он на военном или гражданском производстве. Если его характеристики удовлетворяют по существу требованиям, предъявляемым к оружейному материалу в официальном ядерном государстве, значит, этот материал является кондиционным оружейным материалом и может быть использован этим государством для оружейных целей.

Собственно характеристики критических масс изотопов плутония не накладывают каких-либо жестких ограничений на изотопный состав материала, который может заменить «оружейный» плутоний. Рассмотрим в качестве примера ограничение на величину критической массы энергетического плутония $M_{кр}(Pu_{эн}) \leq 1,3 M_{кр}(WGPu)$.

Это ограничение по существу не является каким-либо ограничением, так как определяет в бинарной смеси с Pu-239 содержание изотопа Pu-240 на уровне менее 30%, а изотопа Pu-242 – на уровне менее 20%.

«Топливный» плутоний и многие виды изотопных составов «реакторного» плутония заведомо удовлетворяют этому условию.

Существенное значение для отличий энергетического плутония от оружейного материала имеет содержание изотопов Pu-241 и Pu-238, определяющих образование в материале других актиноидов (Am-241), тепловыделение и радиационную безопасность.

При этом важно, что в гражданском плутонии не существует строгой корреляции между содержанием Pu-240 и содержанием Pu-241 и Pu-238. Это отсутствие, помимо различий в типах реакторов, обусловлено тем, что со временем, вследствие распада Pu-241, происходит «обеднение» по этому изотопу энергетического плутония, а содержание Pu-238, помимо всего прочего, существенно зависит от уровня начального обогащения ядерного топлива.

К настоящему времени во многих странах мира создана мощная промышленность по наработке, выделению и использованию плутония в гражданских целях. Нарботка плутония является сопутствующим энерговыработке процессом в ядерном топливе, содержащим U-238. Выделение плутония может быть как самостоятельной задачей, так и сопутствующим процессом при глубокой переработке ОЯТ. Использование плутония в основном связано с производством МОХ-топлива и его рециклированием для энерговыработки (в основном в реакторах LWR), а также с реализацией программы развития ядерных реакторов на быстрых нейтронах.

Гражданская программа по энергетическому плутонию стала развиваться сначала в государствах, создавших ядерное оружие, и выросла из ядерных оружейных программ, что в существенной степени определило ее технологический облик. Эти общие корни и определяют в основном принципиальную проблему: является ли весь гражданский плутоний действительно гражданским с точки зрения достаточно специфических требований, предъявляемых к оружейному плутонию.

В соответствии с содержанием этой проблемы особое значение имеют переработка и выделение плутония из ОЯТ реакторов GCR и HWR, поскольку этот плутоний в большей степени представляет угрозу. Это обусловлено относительно небольшим содержанием в нем изотопов Pu-238 и Pu-241 даже при номинальной энерговыработке, что, в свою очередь, определяется малой абсолютной величиной энерговыработки при использовании природного урана. Поскольку значительная переработка ОЯТ реакторов HWR не производится (за исключением Индии), то в первую очередь важна проблема переработки ОЯТ гражданских реакторов GCR и дальнейшее движение выделенного плутония. Первоочередная важность этого вопроса определяется тем, что такого плутония было выделено около 90 тонн (около 30% общего объема выделенного гражданского плутония).

Важно также, что с течением времени изотопный состав энергетического плутония, находящегося в ОЯТ, существенно изменяется. Это происходит, в первую очередь, за счет распада Pu-241 в Am-241, а также Pu-238 в U-234. В таблице 8.45 приведены нормированные на 100% изотопные составы плутония тяжелых реакторов в зависимости от времени выдержки, а также изменение критических масс этих составов. Энерговыработка ОЯТ $B = 7$ ГВт·сутки/тТМ.

При времени выдержки 60 лет такой плутоний в основном представляет смесь двух изотопов Pu-239 и Pu-240. Вклад Pu-241 практически отсутствует, а вклад Pu-238 также невелик (около 10% в α -активности и тепловыделении). К 2040 году плутоний с такими относительно высокими характеристиками будет находиться в ОЯТ Аргентины, Канады, Индии, Южной Кореи.

Таблица 8.45. Изотопные составы плутония тяжеловодных реакторов в зависимости от времени выдержки

Время выдержки	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242	Pu-238	$M_{кр}$
0	67,6	25,6	5,3	1,41	0,09	22
30 лет	70,41	26,74	1,306	1,47	0,074	22,1
60 лет	71,2	26,945	0,311	1,485	0,059	22,1

Для сравнения рассмотрим изменение изотопного состава энергетического плутония реакторов PWR.

В таблице 8.46 приведено изменение изотопного состава энергетического плутония реакторов PWR в зависимости от времени выдержки. Энерговыработка ОЯТ $B = 33$ ГВт·сутки/тТМ.

Таблица 8.46. Изотопные составы плутония легководных реакторов в зависимости от времени выдержки

Время выдержки	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242	Pu-238	$M_{кр}$
0	56,7	23,4	13,9	4,7	1,3	23,2
50 лет	65,23	26,92	1,44	5,41	1	23,7
100 лет	66,31	27,37	0,13	5,5	0,69	23,8

В этом энергетическом плутонии при времени выдержки 100 лет влияние Pu-241 практически отсутствует, однако Pu-238 увеличивает в два раза активность и тепловыделение материала. Во второй половине XXI века в мире будет много ОЯТ с энергетическим плутонием такого типа.

13. ФОРМИРОВАНИЕ НОВОЙ СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

13.1. О термине «стратегическая стабильность»

Этот термин относится к состоянию мира, в котором определяющие политические, экономические, военные, этнокультурные и социальные составляющие слабо изменяются на протяжении анализируемого периода, и он не вполне приемлем для характеристики периодов, в которые эти составляющие существенно изменяются. Мы живем как раз в такой период «стратегических изменений», по крайней мере, в течение последних (15–20) лет (перестройка, распад СССР и ОВД, политико-экономическое возрождение КНР, консолидация Европейского Союза, информатизация общества и т.д.). Поэтому сейчас следует говорить о процессе изменения стратегической конфигурации мира или о переходе из одного состояния «стратегической стабильности» (биполярный мир второй половины XX века) в другое состояние «стратегической стабильности».

13.2. О военно-технических критериях обеспечения стратегической стабильности

Военно-технические критерии стратегической стабильности по определению относятся к тому конкретному состоянию стратегической стабильности, которое они обеспечивают. Эти критерии некоторое время продолжают жить в общественно-политическом сознании и после того, как радикально изменилось состояние мира, к которому они относились.

К предыдущей эпохе стратегической стабильности времен «холодной войны» относятся такие основополагающие военно-технические критерии обеспечения баланса сил, как:

- паритет ядерных сил как в целом, так и для отдельных ключевых параметров (хорошей иллюстрацией являются Соглашение ОСВ-2, договоры СНВ-1 и СНВ-2);

- принцип обязательности ответных действий (каждое действие противника рассматривается как «вызов», на который необходимо дать «ответ»);
- симметричная возможность развития тех видов ядерных сил, которыми обладает противник;
- регламентация невозможности развития тех видов ядерных сил, которыми не обладает противник (примеры: Договор по ПРО, Договор РСМД);
- технологические ограничения развития ядерных сил (примеры: договоры об ограничении ядерных испытаний 1963 и 1974 годов, Договор по ВЗЯИ, соглашения о прекращении производства и утилизации симметричных количеств ядерных оружейных материалов);
- поддержание жесткой биполярной структуры (блоковая организация, ограничение числа государств, обладающих ядерным оружием).

Все эти соглашения определяли совокупность разнообразных количественных и качественных критериев, которые тщательно ограничивали «поле» военного противостояния «Восток-Запад» и обеспечивали баланс сил на различных уровнях.

Практические все эти соглашения и определяемые ими военно-технические критерии баланса продолжают действовать и сегодня, хотя старая система стратегической стабильности исчезла, а новая система еще только формируется. Ответ на вопрос о том, какие из этих критериев останутся и какие новые критерии будут необходимы, определяется тем, какой будет новая система стратегической стабильности, и какие механизмы необходимы для практического осуществления развивающегося безопасного переходного процесса к этой новой системе.

Отметим, что указанные договоры и соглашения способствовали формированию ответственного отношения к ядерному оружию и явились важным элементом для формирования условий переходного процесса, в котором мы находимся.

13.3. Некоторые особенности переходного периода

Главным событием, определившим саму возможность переходного периода, был распад СССР и связанной с ним системы ОВД. Какие ключевые моменты, относящиеся к политике в области ядерных вооружений, определившей стратегическую ситуацию, следует здесь отметить?

1. Россия сохранила статус великой ядерной державы.
2. Некоторое время существовала возможность образования других ядерных правопреемников СССР (Украина, Казахстан), однако этой опасности распространения ядерного оружия удалось избежать.
3. В условиях краха политической системы и экономического кризиса эффективно осуществлялся государственный суверенитет России над ядерным оружием, и не возникало серьезных угроз международной безопасности, к которым могла бы привести утрата такого контроля.
4. Россия выполняла все ранее заключенные договоры и соглашения в области ограничения и контроля ядерных вооружений.

Основной вывод из этого состоит в том, что Россия в высшей степени ответственно относилась и относится к своему ядерному оружию, и реальная практика подтвердила, что в период беспрецедентного кризиса ядерное оружие России не являлось дестабилизирующим фактором.

13.4. Новые подходы и укрепление двусторонних отношений России и США

В этот период возникли новые двусторонние отношения в ядерной области между Россией и США. Ярким примером этого являются работы в рамках Программы по совместному уменьшению угрозы, известной как «программа Нанна-Лугара». Эти работы предусматривали материальную и технологическую помощь по поддержанию безопасности ядерного оружия.

Как Россия, так и США подтвердили приверженность нераспространению ядерного оружия и в целом ряде совместных программ оказывали практическую поддержку этому режиму.

Появились и развивались контакты между ядерными оружейными специалистами и организациями России и США, которые способствовали взаимопониманию и укреплению доверия в столь деликатной сфере, как ядерная оружейная инфраструктура. Это позволило нам прежде всего убедиться в высоком технологическом уровне и в высокой ответственности обеих стран в отношении к

собственному ядерному оружию. Тем самым нам удалось избежать опасных моментов, которые могли бы возникнуть, если бы стороны стали обвинять друг друга в безответственности и перешли бы в состояние ядерной фобии и конфронтации. Следует помнить, что определяющим фактором в этой сфере являются прежде всего согласованные усилия ответственных людей.

13.5. Новая стратегическая стабильность

Возникает новая реальность. Россия и США вышли из периода противостояния и переходят к сотрудничеству. Наши политические лидеры говорят, что «мы – друзья». Один из ключевых вопросов состоит в том, будет ли этот тезис в действительности одной из основ новой системы стратегической стабильности.

Мы должны признать, что облик нового устойчивого состояния мировой конфигурации нам не известен. Одним из уроков распада СССР и ОВД, особенно хорошо нам понятных в России, является осознание разрыва между работой и ее результатами, стремлением и действительностью. Поэтому хотя все мы заняты развитием позитивных тенденций и борьбой с негативными тенденциями в процессе создания более безопасного мира, итог нашей деятельности непредсказуем. Существуют и развиваются глобальные угрозы, связанные с перенаселением, экономическим неравенством, истощением ресурсов и среды обитания, этническим и религиозным экстремизмом и т.д. От того, как будут решаться эти проблемы, в конечном итоге зависит характер стабильности нового мира и система военно-технических средств ее обеспечения (в том числе и распространение ОМУ).

По-видимому, проблемы ядерного арсенала России и США, которые были в центре мировой политики последние 50 лет, должны будут отойти на второй план. Фактором, определяющим ближайшее направление развития мировой конфигурации, будет способность или неспособность цивилизации достигнуть решения существующих острых кризисов, чреватых возможностями региональных войн (израильско-палестинский кризис, индо-пакистанский кризис, проблема Тайваня, проблема Кореи и т.д.). Если эти проблемы будут решены, то мы вступим в более безопасный мир, в котором угрозы распространения ОМУ и международного терроризма будут в существенной степени снижены. Это один сценарий. Если же нет, то, по-видимому, мы будем жить в беспокойном мире с большим количеством владельцев ОМУ, с развитым национальным экстремизмом и периодически возникающими региональными конфликтами.

Стратегический баланс и способы его поддержания в этих двух сценариях будут совершенно различны. В первом случае возможно появление эффективной международной системы обеспечения безопасности в условиях значительной демилитаризации мира, резкого ограничения ядерных арсеналов, практической ликвидации других видов ОМУ. Во втором случае основным фактором будет создание национальных систем безопасности в соответствии с узко определяемыми потребностями и ресурсами, которыми будет обладать та или иная страна. Система «стратегической стабильности» в этом случае будет регулироваться совокупностью многочисленных многосторонних и двусторонних соглашений, определяющих частные балансы сил. Степень устойчивости такой конфигурации будет определяться остротой периодически возникающих кризисов.

13.6. Конструктивные отношения в ядерной области

Мы должны исходить из тех реальных возможностей, которые предоставляет нам сложившаяся ситуация.

Ограничение стратегических вооружений. Россия и США договорились о радикальном сокращении стратегических наступательных вооружений и будут выполнять эти соглашения. Если какой-либо из сторон какие-либо элементы этих соглашений в перспективе будут препятствовать в обеспечении национальной безопасности, она всегда в рамках новых отношений доверия сможет объяснить это другой стороне и откорректировать ситуацию. Это может относиться, например, к ограничению в Договоре СНВ-2 возможности использования РГЧ для оснащения МБР или к созданию потенциала МБР (БРПЛ), оснащенных неядерными боевыми частями и связанной с этим проблемой правил засчета.

Ядерные испытания. США не ратифицировали Договор по ВЗЯИ и вполне возможно, что у них обостряется проблема с проверкой или модернизацией ядерного боезапаса. Вообще вопрос о

ядерных испытаниях, которые представляют собой не более и не менее чем научно-технический метод проверки работы ядерного оружия, был излишне политизирован. Нельзя удачным признать и беспороговый характер ДВЗЯИ, который, строго говоря, делает его отчасти неконтролируемым договором. В период подготовки этого договора ряд наших специалистов выступали за его пороговый характер, и, насколько нам известно, часть специалистов США придерживалась аналогичной точки зрения.

Проблема НПРО США. США собираются создать национальную систему ПРО. Россия с пониманием отнеслась к этому намерению, хотя и не приветствует его. Это суверенное право США. Как мы будем на это реагировать? Ответ будет зависеть от двух обстоятельств: какая новая стратегическая ситуация сложится в мире, и какими реальными возможностями будет обладать система ПРО США. Сейчас, как известно, Россия допускает возможность сотрудничества в этой области.

Вопрос о тактическом ядерном оружии. В силу особенностей геополитического положения России не в наших интересах запрещать и ликвидировать этот вид оружия, хотя для США он, возможно, не имеет такого значения. Поэтому в этом вопросе нужно предоставить России возможность адаптации этого вида вооружений в соответствии с интересами ее безопасности. От этого выигрывает не только безопасность России, но и общая безопасность.

Сокращение ядерных оружейных материалов. Каждая сторона должна сама решать, каким образом ей обращаться с излишками ядерных оружейных материалов. При этом должно быть обеспечено одно условие – абсолютная безопасность этих ядерных материалов. В области обеспечения безопасности вполне возможно и полезно расширение научно-технического сотрудничества России и США. Если у какой-либо стороны возникнет необходимость нового производства каких-либо ядерных оружейных материалов (у нас такой потребности нет), она в рамках новых отношений доверия должна это объяснить. В этом случае вторая сторона должна руководствоваться только своими внутренними потребностями в таких материалах, а не отвечать симметричным образом в духе старой «стратегической стабильности».

Нераспространение ядерного оружия. Мы должны прежде всего сотрудничать в области уменьшения стимулов к приобретению ядерного оружия. В этом плане нам следует высоко оценить политику ядерных гарантий США своим союзникам, которая остановила распространение ядерного оружия среди высокоразвитых стран. В противном случае сейчас, по-видимому, уже половина европейских государств владела бы ядерным оружием.

Сложным является вопрос о статусе новых ядерных государств. Возможно, что нам следует признать реальность и относиться к ним как к официальным ядерным государствам и поделиться с ними технологиями в области обеспечения безопасности ядерного оружия. Возможно, нам следует также обсудить с ними, на каких условиях, и при каких гарантиях они согласятся ликвидировать свое ядерное оружие (в мировой практике известны случаи прекращения достаточно далеко продвинутых ядерных оружейных программ).

Отдельная проблема нераспространения – это энергетический плутоний. В мире накоплено огромное количество выделенного энергетического плутония (его существующие запасы оцениваются в 200 тонн), в том числе плутония достаточно высокого качества. Развиваются программы по расширению этой деятельности. Это опасный путь, и коль скоро мы беспокоимся об излишках ядерных оружейных материалов, нам нужно выработать приемлемый и эффективный подход и в этой области, который снял бы ядерные угрозы, связанные с производством энергетического плутония.

Относительно ввоза ОЯТ в Россию. России нужны средства и мы имеем политическое решение, разрешающее нам ввоз ОЯТ для хранения и переработки. Россия обладает развитыми ядерными технологиями, и она – ответственное ядерное государство. Поэтому в интересах нашей общей безопасности оказать полное содействие этой деятельности.

Ядерный терроризм. Мы должны обеспечить абсолютную безопасность ядерного оружия, ядерных оружейных и ядерных энергетических материалов, ключевой информации и тесно сотрудничать по предотвращению ликвидации всех возможных угроз в этой сфере.

Если мы будем честно и эффективно решать все эти проблемы и развивать новые отношения, то у нас может сложиться правильный новый баланс сил, которым все мы будем удовлетворены в рамках безопасного ядерного мира. В этом случае, возможно, что нам удастся безопасно преодолеть переходный период, и мы перейдем в фазу стабильного сотрудничества.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- 12 ГУ МО** – Двенадцатое главное управление Министерства обороны
- 3 ГУ** – Третье главное управление
- ACM** – Advanced Cruise Missile (Усовершенствованная крылатая ракета)
- AGR** – Advanced Gas-Cooled Reactor (Усовершенствованный газоохлаждаемый ядерный реактор)
- ALCM** – Air Launched Cruise Missile (Крылатая ракета воздушного базирования)
- BWR** – Boiling Water Reactor (Легководный кипящий ядерный реактор)
- GCR** – Gas-Cooled Reactor (Газоохлаждаемый ядерный реактор)
- GLCM** – Ground Launched Cruise Missile (Крылатая ракета наземного базирования)
- HWR** – Heavy-Water (moderated and cooled) Reactor (Тяжеловодный ядерный реактор)
- LWGR** – Light-Water(-cooled) Graphite(-moderated) Reactor (Водографитовый ядерный реактор)
- LWR** – Light-Water (moderated and cooled) Reactor (Легководный ядерный реактор)
- MOX** – Mixed Oxide nuclear fuel (Смешанное оксидное ядерное топливо)
- NASA** – National Aeronautics and Space Administration (Национальное агентство по аэронавтике и исследованию космического пространства)
- NPR** – Nuclear Posture Review (Обзор состояния ядерных вооружений)
- PWR** – Pressurized Water Reactor (Легководный реактор под давлением)
- SLCM** – Sea Launched Cruise Missile (Крылатая ракета морского базирования)
- АМН СССР** – Академия медицинских наук СССР
- АН СССР** – Академия наук СССР
- АПЛ** – Атомная подводная лодка
- АПО** – Авиационно-производственное объединение
- АСУТП** – Автоматизированная система управления технологическими процессами
- АТЭС** – Атомная теплоэлектростанция
- АТЭЦ** – Атомная теплоэлектроцентраль
- АЭС** – Атомная электростанция
- АЭХК** – Ангарский электролизный химический комбинат
- ББ** – Боевой блок
- БГ** – Боеголовка
- БН** – Реактор на быстрых нейтронах
- БР** – Баллистическая ракета
- БРПЛ** – Баллистическая ракета подводной лодки
- БЦВМ** – Бортовая центральная вычислительная машина
- БЧ** – Боевая часть
- ВАО** – Высокоактивные отходы
- ВВ** – Взрывчатые вещества
- ВВП** – Валовой внутренний продукт
- ВВС** – Военно-воздушные силы
- ВВЭР** – Водо-водяной энергетический реактор
- ВГУ** – Второе главное управление
- ВИАМ** – Всесоюзный институт авиационных материалов
- ВИМС** – Всесоюзный институт минерального сырья

ВМФ	– Военно-морской флот
ВНИИ	– Всесоюзный (всероссийский) научно-исследовательский институт
ВНИИА	– ВНИИ автоматики
ВНИИНМ	– ВНИИ неорганических материалов
ВНИИТФ	– ВНИИ технической физики
ВНИИФП	– ВНИИ физических приборов
ВНИИХТ	– ВНИИ химической технологии
ВНИИЭФ	– ВНИИ экспериментальной физики
ВНИПИЭТ	– Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт энергетической технологии
ВОУ	– Высокообогащенный уран
ВПК	– Комиссия по военно-промышленным вопросам при СМ СССР
ВС	– Вооруженные силы
ВТГР	– Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор
ВЭП	– Военно-экономический потенциал
Гиредмет	– Государственный институт редких металлов
ГКИАЭ	– Государственный комитет Совета Министров СССР по использованию атомной энергии
ГКО	– Государственный комитет обороны
Главатомприбор	– Главное управление атомного приборостроения, изотопов и радиационной техники
Главатомэнерго	– Главное управление атомных энергетических установок
ГМЗ	– Горьковский машиностроительный завод
ГМПУ	– Грунтовая мобильная пусковая установка
ГНЦ	– Государственный научный центр
ГОИ	– Государственный оптический институт
ГОК	– Горно-обогатительный комбинат
ГОКО	– Государственный комитет обороны
Госкомгидромет	– Государственный комитет гидрометеорологии
ГП	– Государственное предприятие
ГПК по среднему машиностроению	– Государственный производственный комитет по среднему машиностроению СССР
ГСЗ	– Глубинное сейсмическое зондирование
ГСКБ	– Государственное специальное конструкторское бюро
ГСПИ	– Государственный специальный проектный институт
ГХК	– Горно-химический комбинат
ГЧ	– Головная часть
ГЭС	– Гидроэлектростанция
ДВЗЯИ	– Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний
ДМ	– Делящиеся материалы
ДНЯО	– Договор о нераспространении ядерного оружия
ЕРР	– Единица работы разделения
ЕЭС	– Единая энергетическая система
ЖМПУ	– Железнодорожная мобильная пусковая установка
ЗАТО	– Закрытое административно-территориальное образование
ИАЭ	– Институт атомной энергии
ИНИ	– Импульсный нейтронный источник
ИОНХ	– Институт общей неорганической химии
ИТЭФ	– Институт теоретической и экспериментальной физики

ИФХ	–	Институт физической химии
ИХФ	–	Институт химической физики
КБ	–	Конструкторское бюро
КВИ	–	Канал вывода излучения
КВО	–	Круговое вероятное отклонение
КИУМ	–	Коэффициент использования установленной мощности
КПД	–	Коэффициент полезного действия
КР	–	Крылатая ракета
КРВБ	–	Крылатая ракета воздушного базирования
ЛКЗ	–	Ленинградский Кировский завод
ЛТС	–	Лазерный термоядерный синтез
ЛФТИ	–	Ленинградский физико-технический институт
ЛЭП	–	Линия электропередач
МАГАТЭ	–	Международное агентство по атомной энергии
МБР	–	Межконтинентальная баллистическая ракета
МВД	–	Министерство внутренних дел
МВТУ	–	Московское высшее техническое училище
МГУ	–	Московский государственный университет
МГЧ	–	Моноблочная головная часть
МЗ	–	Машиностроительный завод
Минатом	–	Министерство по атомной энергии
Минводхоз	–	Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Мингазпром	–	Министерство газовой промышленности СССР
Минздрав	–	Министерство здравоохранения СССР
Миннефтепром	–	Министерство нефтяной промышленности СССР
Минугольпром	–	Министерство угольной промышленности СССР
Минцветмет	–	Министерство цветной металлургии
Минсредмаш	–	Министерство среднего машиностроения
МИСИ	–	Московский инженерно-строительный институт
МИТ	–	Московский институт теплотехники
МИФИ	–	Московский инженерно-физический институт
МКРЗ	–	Международная комиссия по радиационной защите
МНТС	–	Международное научно-техническое сотрудничество
МНТЦ	–	Международный научно-технический центр
МО	–	Министерство обороны
МОМ	–	Министерство общего машиностроения
МРО	–	Металлические радиоактивные отходы
МСМ	–	Министерство среднего машиностроения СССР
МСХМ	–	Министерство сельскохозяйственного машиностроения СССР
МТР	–	Магнитный термоядерный реактор
МЭИ	–	Московский энергетический институт
НЗ	–	Нейтронный запал
НЗХК	–	Новосибирский завод химконцентратов
НИИАР	–	НИИ атомных реакторов
НИИИС	–	НИИ измерительных систем
НИИИТ	–	НИИ импульсной техники
НИКИРЭТ	–	Научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники

НИКИЭТ	– Научно-исследовательский и конструкторский институт энергетической техники
НИОКР	– Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
НКВД	– Народный комиссариат внутренних дел
НКХП	– Наркомат химической промышленности
НКЭП	– Наркомат электропромышленности
НОУ	– Низкообогащенный уран
НТС	– Научно-технический совет
НТУ	– Научно-техническое управление
ОВ	– Отравляющие вещества
ОВД	– Организация Варшавского договора
ОКБ	– Объединенное конструкторское бюро
ОМУ	– Оружие массового уничтожения
ОНС ПРО	– Ограниченная национальная система противоракетной обороны
ООН	– Организация объединенных наций
ОПЗ	– Отработка промышленных зарядов
ОСВ	– Ограничение стратегических вооружений
ОТВС	– Облученная тепловыделяющая сборка
ОЭСР	– Организация экономического сотрудничества и развития
ОЯТ	– Отработанное ядерное топливо
ПВ	– Продукты взрыва
ПВ	– Промышленный ядерный взрыв
ПВО	– Противовоздушная оборона
ПГУ	– Первое главное управление
ПД	– Продукты деления
ПЛ	– Подводная лодка
ПЛАРБ	– Подводная лодка атомная ракетная баллистическая
ПО	– Производственное объединение
ППЗ	– Пензенский приборостроительный завод
ППС	– Паритет покупательной способности
ПРО	– Противоракетная оборона
ПСЗ	– Приборостроительный завод
ПУ	– Пусковая установка
ПФЯВ	– Поражающие факторы ядерного взрыва
ПЭБ	– Плавучий энергоблок
ПЭВМ	– Персональная электронно-вычислительная машина
ПЯВ	– Подземный ядерный взрыв
РАН	– Российская академия наук
РАО	– Радиоактивные отходы
РБГ	– Радиоактивные благородные газы
РБМК	– Реактор большой мощности канальный
РВ	– Радиоактивные вещества
РВСН	– Ракетные войска стратегического назначения
РГЧ	– Разделяющаяся головная часть
РГЧ ИН	– Разделяющаяся головная часть индивидуального наведения
РИАН	– Радиовый институт Академии наук
РК ВМФ	– Ракетный комплекс ВМФ
РЛС	– Радиолокационная станция

РМД	– Ракета меньшей дальности
РНЦ	– Российский научный центр
РСД	– Ракета средней дальности
РСМД	– Ракеты средней или меньшей дальности
РФЯЦ-ВНИИТФ	– Федеральный ядерный центр – ВНИИ технической физики
РФЯЦ-ВНИИЭФ	– Федеральный ядерный центр – ВНИИ экспериментальной физики
СБИС	– Сверхбольшая интегральная микросхема
СИП	– Семипалатинский испытательный полигон
СКТБ	– Специальное конструкторско-технологическое бюро
СМ	– Совет министров
СНВ	– Стратегические наступательные вооружения
СНГ	– Содружество независимых государств
СНИИП	– Союзный научно-исследовательский институт приборостроения
СНК	– Совет народных комиссаров
СОИ	– Стратегическая оборонная инициатива
Спецкомитет	– Специальный комитет при Совете народных комиссаров
СТУ	– Специальное техническое управление
СУиК	– Система учета и контроля ядерных материалов
СФЗ	– Система физической защиты
СФММ	– Система физико-математических моделей
СХК	– Сибирский химический комбинат
СЦР	– Самоподдерживающаяся цепная реакция
СЭВ	– Страны экономической взаимопомощи
СЭК	– Совместный эксперимент
СЯС	– Стратегические ядерные силы
ТБ	– Тяжелый бомбардировщик
ТВС	– Тепловыделяющая сборка
ТВЭЛ	– Тепловыделяющий элемент
ТЗ	– Техническое задание
ТИ	– Термоядерный инициатор
ТСО	– Технические средства охраны
ТТЗ	– Тактико-техническое задание
ТТТ	– Тактико-технические требования
ТЭ	– Тротильный эквивалент
ТЭБ	– Топливо-энергетический баланс
ТЭЦ	– Теплоэлектроцентраль
УВ	– Ударная волна
УВВП	– Удельный валовой внутренний продукт
УФТИ	– Украинский физико-технический институт
УЭХК	– Уральский электрохимический комбинат
ФИАН	– Физический институт АН СССР
ФОРЭМ	– Федеральный оптовый рынок энергии и мощности
ФТИ	– Физико-технический институт
ФУ	– Физическая установка
ФЗИ	– Физико-энергетический институт
ХБП	– Химический боеприпас
ХО	– Химическое оружие

- ХТМ** – Химически токсичные материалы
- ЦАГИ** – Центральный аэрогидродинамический институт
- ЦЕРН** – Европейский центр ядерных исследований
- ЦК КПСС** – Центральный комитет Коммунистической партии Советского Союза
- ЦКБ** – Центральное конструкторское бюро
- ЦКБЭМ** – Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения
- ЦКТИ** – Центральный котлотурбинный институт
- ЦП РФ** – Центральный полигон Российской Федерации
- ЧАЭС** – Чернобыльская атомная электростанция
- ШПУ** – Шахтная пусковая установка
- ЭВМ** – Электронно-вычислительная машина
- ЭК** – Экспортный контроль
- ЭМЗ** – Электромеханический завод
- ЭМИ** – Электромагнитный импульс
- ЭХЗ** – Электрохимический завод
- ЭХП** – Комбинат «Электрохимприбор»
- ЯБП** – Ядерный боеприпас
- ЯВ** – Ядерный взрыв
- ЯВБ** – Ядерная взрывобезопасность
- ЯВТ** – Ядерно-взрывная технология
- ЯЗ** – Ядерный заряд
- ЯИ** – Ядерное испытание
- ЯМ** – Ядерные материалы
- ЯО** – Ядерное оружие
- ЯОК** – Ядерный оружейный комплекс
- ЯТЦ** – Ядерный топливный цикл
- ЯЭУ** – Ядерная энергетическая установка

ГЛОССАРИЙ

12 ГУМО	Двенадцатое главное управление Министерства обороны СССР (России), курирующее вопросы, связанные с ЯО.
Баллистическая ракета	Средство доставки к цели оружия (боевого блока), большая часть полета которого осуществляется по баллистической траектории.
Баллистическая ракета средней дальности	Баллистическая ракета с максимальной дальностью менее 5500 километров.
Беккерель (Бк)	Единица активности нуклида, при которой за одну секунду происходит один распад.
Биологический эквивалент рентгена (БЭР)	Внесистемная единица дозы ионизирующего излучения, используемая для сведения биологического действия различного рода излучений к действию рентгеновского излучения.
Боевая часть	Структурно состоит из ядерного заряда, системы автоматики подрыва и предохранительно-исполнительного механизма.
Боевой блок	Вид ядерного боеприпаса, который доставляется к цели с помощью баллистической ракеты.
Бустинг (термоядерное усиление)	Усиление реакции деления термоядерными нейтронами. Термин введен Эдвардом Теллером в 1947 году для описания технологии повышения эффективности и энерговыделения ядерных устройств за счет введения небольших количеств ДТ-газа в полый центр ядра, оболочки из делящихся материалов перед сжатием ядра, оболочки и началом процесса деления. Когда газ сжимается внутри сходящейся оболочки имплозивной системы и нагревается в процессе деления активного материала, в газе происходит термоядерная реакция, нарабатывающая большое количество высокоэнергетических нейтронов. Если большой приток нейтронов достаточно быстро поступает в делящуюся систему, пока происходит процесс умножения нейтронов и прежде чем произошло заметное расширение ядра, оболочки, то общее число делений, эффективность и энерговыделение в сильной степени возрастают.
Бустированное оружие (Оружие с термоядерным усилением)	Ядерное оружие, в котором газ (тритий, дейтерий) или твердый материал (дейтерид лития) добавлен для значительного увеличения количества делений и соответствующего увеличения энерговыделения и эффективности.
Взрывчатое вещество	Химическое соединение или смесь, способные под воздействием внешнего импульса (удара, тепла и т.д.) к самораспространяющейся с большой скоростью (км/с) химической реакции с образованием газообразных продуктов и выделением тепла.
ВНИИА	ВНИИ автоматики (образован в мае 1954 года на базе завода № 25 МАП, как филиал КБ-11, затем самостоятельное КБ-25 МСМ), г. Москва.
ВНИИНМ	ВНИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара (до 1967 года – НИИ-9), г. Москва – исследование кристаллизации, линейных свойств металлов и сплавов, рекристаллизации и жаропрочности; металловедение и металлургия урана, плутония, их сплавов и др.
ВНИИОФИ	ВНИИ оптико-физических исследований (современное название НИИ-50, созданного на базе отдела Института химической физики – ИХФ), г. Москва – разработка электровакуумных, фотоэлектрических приборов и электронной аппаратуры для ядерных испытаний.
ВНИИП	ВНИИ приборостроения (см. ВНИИТФ).

ВНИИТФ	ВНИИ технической физики (с 1955 до 1967 года – НИИ-1011, с 1967 до 1993 года – ВНИИП, с 1993 года – ВНИИТФ с присвоением статуса Российского федерального ядерного центра – РФЯЦ), г.Снежинск (до 1994 года – г. Челябинск-70) – разработка ядерных зарядов и боеприпасов.
ВНИИЭФ	ВНИИ экспериментальной физики (с 1946 до 1967 года – КБ-11, с 1993 года присвоен статус Российского федерального ядерного центра – РФЯЦ), г. Саров (до 1995 года – г. Арзамас-16) – разработка ядерных зарядов и боеприпасов.
ВНИПИЭТ	Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт энергетической технологии, г. Санкт-Петербург – проектирование объектов атомной промышленности.
Военно-промышленная комиссия при СМ СССР	Государственный орган, координировавший работы по решению крупных вопросов в военно-промышленной сфере.
Время горения	Время, в течение которого термоядерная реакция поддерживается на уровне, достаточном для сгорания заметных количеств топлива.
Вторичный модуль	Термоядерный взрывной модуль двухстадийного термоядерного заряда, работающий в условиях имплозии, определяемой взрывом первичного модуля.
Гидродинамический эксперимент	Полномасштабное испытание имплозивной системы первичного источника, не содержащего делящихся материалов. В гидродинамическом эксперименте ядерное энерговыделение отсутствует. Гидродинамический эксперимент используется для отработки требуемых уровней симметрии имплозии, определения максимума сжатия и определения времени инициирования цепной реакции.
Гидроядерный эксперимент	Полномасштабное испытание имплозивной системы первичного источника, содержащего уменьшенное количество делящихся материалов, в котором типичный уровень энерговыделения не превышает нескольких килограммов тротилового эквивалента, и которое ограничено подкритическими или слабонадкритическими условиями для умножения нейтронов.
Гиредмет	Государственный институт редких металлов, г. Москва – образован в 1931 году для решения проблем, связанных с получением урана и препаратов (изделий) из урана.
Главное управление	Структурное подразделение государственного центрального органа управления (например, министерства).
ГОИ	Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова, организован в 1918 году в Петрограде – разработка методов, регистрирующей и измерительной аппаратуры в области световых и тепловых наблюдений при ядерных взрывах.
Головная часть	Отделяемая в конце активного участка полета составная часть ракеты, которая содержит один или несколько боевых блоков, и может, в зависимости от конструкции, включать платформу, на которой установлен (установлены) боевые блоки, комплекс средств преодоления ПРО противника, элементы формирования боевого порядка и обтекатель.
Госкомоборонпром	Государственный Комитет оборонной промышленности.
Госкомсанэпиднадзор	Государственный Комитет по санитарному и эпидемиологическому контролю.
Государственная научно-техническая программа	Директивный и адресный документ, увязывающий по ресурсам, исполнителям и срокам осуществление мероприятий по решению актуальных крупных научно-технических проблем.
Государственный атомный надзор	Государственный орган (и инспекции), осуществляющий надзор за безопасным ведением работ в атомной промышленности.
Государственный Комитет обороны (ГКО или ГОКО)	Чрезвычайный высший государственный орган в СССР, сосредоточивший в период Великой Отечественной войны всю полноту государственной власти. Образован 30 июня 1941 года, упразднен 4 сентября 1945 года.

ГСКБ	Государственное специальное конструкторское бюро – разработка корпусов, стабилизаторов и узлов подвески авиабомб.
ГСПИ	Государственный специальный проектный институт – проектирование объектов атомной промышленности.
Двухстадийный (двухступенчатый) ядерный заряд (устройство)	Ядерный (термоядерный) заряд, состоящий из первичного модуля (ядерного заряда), ядерный взрыв которого обеспечивает обжатие и ядерный (термоядерный) взрыв вторичного модуля.
Дейтерий	Стабильный изотоп водорода.
Делящийся материал	Вещество, ядра которого делятся под действием нейтронов, например, уран-235, плутоний-239, плутоний-241.
ДТ-смесь	Газовая смесь дейтерия с тритием.
«Дубовая бомба»	Гипотетическое ядерное оружие с абсолютной надежностью, бесконечным «временем жизни», которое не требует специального обращения и проверок в боезапасе.
Единая система конструкторской документации	Совокупность нормативных документов, регламентирующих требования к технической конструкторской документации.
Железнодорожный ракетный комплекс	Ракетный комплекс вооружения, смонтированный на железнодорожных платформах.
Закрытое административно-территориальное образование	Статус населенного пункта, входящего в систему городов в России с особыми режимными требованиями.
Зенитная управляемая ракета	Управляемая ракета класса «земля-воздух» для поражения воздушных целей.
Имплозия	Чрезвычайно быстрое сжатие вещества в некотором объеме вследствие обжатия энергией взрыва химического ВВ или вследствие отдачи от разлета вещества с его поверхности, вызванного облучением мощными потоками светового излучения или ускоренных частиц.
Импульсный нейтронный источник	Устройство, генерирующее высоковольтные нейтроны.
Инерциальное удержание	Технология обеспечения физической целостности массы термоядерного горючего при его сжатии, которое увеличивает вероятность и скорость термоядерного горения. Термоядерные заряды представляют, в общем, устройства с инерциальным удержанием.
ИОНХ	Институт общей неорганической химии АН СССР, г. Москва – участие с начала 40-х годов в исследовательских работах по созданию атомной бомбы и атомной промышленности.
ИПМ	Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша АН СССР (организован в 1953 году на базе отделения Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР), г. Москва – разработка математических проблем, связанных с применением ЭВМ при решении задач науки и техники.
Исследовательский ядерный реактор	Ядерный реактор, предназначенный для проведения фундаментальных и прикладных исследований, в которых нейтроны и гамма кванты используются как инструмент или объект исследований.
ИФЗ АН СССР	Институт физики Земли АН СССР (организован в 1956 году), г. Москва – планетарные геолого-геофизические, сейсмологические, гравиметрические, электромагнитные и другие исследования.

ИФП	Институт физических проблем АН СССР (организован в 1934 году), г. Москва – исследования по физике и технике низких температур, твердого тела, магнетизму, физике плазмы, ускорительной технике.
ИФХ	Институт физической химии АН СССР (организован в 1945 году на базе Коллоидноэлектрохимического института), г. Москва – исследования проблем физической химии, поверхностных явлений, теории коррозии и др.
ИХФ	Институт химической физики АН СССР (организован в 1931 году на базе отдела Ленинградского физико-технического рентгеновского института), г. Москва – исследование проблем химической кинетики, теории горения, химии полимеров и др.
КБ АТО	Конструкторское бюро автотранспортного оборудования, г. Мытищи (Московская область) – разработка и изготовление подвижных комплексов для технического обслуживания ядерных боеприпасов и их испытаний.
КБ-11	Конструкторское бюро, образованное в апреле 1946 года по Постановлению СМ СССР в поселке Сарова МА СССР с целью разработки атомной бомбы; в настоящее время – РФЯЦ-ВНИИЭФ.
КБМ	Конструкторское бюро машиностроения (с 1953 до 1963 года – СКБ-385), г. Миасс (Россия) – разработка БРПЛ.
КБЮ	Конструкторское бюро «Южное» (с 1954 до 1965 года – ОКБ № 586), г. Днепрпетровск (Украина) – разработка МБР.
Комплекс средств преодоления (противоракетной обороны)	Совокупность элементов головной части ракеты, способствующих преодолению зоны противоракетной обороны боевыми блоками.
Комплексная целевая программа	Комплекс мероприятий, обеспечивающий развитие различных отраслей народного хозяйства, в том числе и оборонных отраслей с оценкой финансовых затрат на их реализацию.
Конструкторская документация	Графические и текстовые документы, которые содержат данные об изделии, необходимые для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта; к ней относятся чертежи, ведомости комплектующих деталей, схемы, расчеты, пояснительные записки, технические условия и др.
Конструкторское бюро	Подразделение по проектированию и разработке конструкций.
Конфигурация Теллера-Улама	Ансамбль стадийных ядерных и термоядерных взрывных модулей, позволяющий получить теоретически неограниченное энерговыделение. Конфигурация требует использования уранового или плутониевого инициатора для зажигания термоядерного топлива. Конфигурация характеризуется разделенными ядерными и термоядерными стадиями и сжатием (перед зажиганием) термоядерной стадии излучением, переданным от предыдущей термоядерной или ядерной стадии (стадий).
Коэффициент полезного действия	Характеристика эффективности системы в отношении преобразования или передачи энергии, равная отношению полезно использованной энергии к общему количеству энергии, полученному системой.
Крылатая ракета	Беспилотный, летательный аппарат, оснащенный собственной двигательной установкой, полет которого на большей части траектории обеспечивается за счет использования аэродинамической подъемной силы, является средством доставки ядерных боеприпасов.
Крылатая ракета воздушного базирования	Крылатая ракета класса «воздух-поверхность», которая размещается на тяжелых бомбардировщиках.
Крылатая ракета морского базирования	Крылатая ракета класса «поверхность-поверхность», размещающаяся на подводной лодке или надводном корабле.
Крылатая ракета стратегического назначения	Крылатая ракета с дальностью свыше 600 километров.

Кюри (Ки)	Внесистемная единица активности радиоактивных изотопов. 1 Кюри – это активность изотопа, в котором в 1 секунду происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ актов распада, т. е. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ беккерелей (Бк).
Лаборатория № 2 АН СССР	Первое, единое научное учреждение в СССР, созданное в Москве по решению ГКО в феврале 1943 года во главе с И.В. Курчатовым с целью проведения научно-исследовательских работ по использованию атомной энергии; в настоящее время – Российский научный центр «Курчатовский институт».
Лазер	Источник оптического когерентного излучения, характеризующегося высокой направленностью и большой плотностью энергии.
Левитация	Техника подвески ядра из делящихся материалов в ядерном заряде или первичном источнике в системе темпера и взрывчатки, окружающих ядро. Это решение позволяет улучшить сжатие ядра и обеспечить более полное деление ядерного горючего.
ЛИПАН	Лаборатория измерительных приборов АН СССР (название Лаборатории № 2 с 1949 года).
ЛФТИ	Ленинградский физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе АН СССР (основан в 1918 году) – исследование механических свойств твердого тела, проблем физики полупроводников и их применения, ядерной физики, физики плазмы, астрофизики. С ЛФТИ связано формирование многих школ советских физиков.
Межведомственная комиссия	Комиссия из представителей ведомств, заинтересованных в решении какой-либо проблемы.
Международное агентство по атомной энергии	Международный орган, созданный в 1957 году для развития международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии.
Межконтинентальная баллистическая ракета	Баллистическая ракета наземного базирования с дальностью свыше 5500 километров.
Минатом	Министерство по атомной энергии Российской Федерации (образовано в январе 1992 году после реорганизации Министерства атомной энергетики и промышленности СССР) – руководство атомной отраслью, формирование и реализация программ в области ядерного оружия России.
МИРВ	Аббревиатура разделяющейся головной части с боеголовками индивидуального наведения в США (Multiple Independently Targeted Re-entry Vehicle – MIRV).
МИТ	Московский институт теплотехники – разработка БР наземного базирования.
МОМ	Министерство общего машиностроения СССР – руководство ракетостроением, разработка и реализация программ в области ракетно-ядерного оружия.
Моноблочная ГЧ	Головная часть, имеющая в своем составе один боевой блок.
МРВ	Аббревиатура разделяющейся головной части с баллистическими (без индивидуального наведения) боеголовками в США (Multiple Re-entry Vehicle – MRV).
Наведенная радиоактивность	Радиоактивность, создаваемая в веществе в результате его облучения нейтронами или другими частицами.
НАТО	Североатлантический союз (North Atlantic Treaty Organization – NATO) – военно-политический союз США и ряда европейских государств, созданный по инициативе США в 1949 году на основе Североатлантического Договора.
Научно-производственное объединение	Одна из форм соединения науки с производством в СССР (России). Создаются с 60-х годов. В их состав входят научно-исследовательские, технологические, проектно-конструкторские организации, опытные и серийные заводы.
Нейтронный запал	Внутренний нейтронный инициатор первого поколения, расположенный в центре ядерной начинки заряда и генерирующий нейтроны при воздействии на него ударной волны, проходящей по ядерной начинке.

Нейтронный источник	Внутренний нейтронный инициатор второго поколения, расположенный так же, как и НЗ, в центре ядерной начинки заряда, но в отличие от НЗ имеющий заранее рассчитанный, исходя из конкретных параметров заряда, постоянный нейтронный фон.
Непрозрачность	Свойство сопротивления материала для прохождения света, рентгеновского излучения, нейтронов или других атомных и субатомных частиц. Непрозрачность – очень важная характеристика материалов, используемых в ядерном оружии. Она является основой для вычислений переноса радиации внутри ядерного заряда. Непрозрачность материала зависит от его температуры и плотности.
НИИИТ	НИИ импульсной техники, г. Москва – разработка средств измерения параметров ядерных взрывов при полигонных испытаниях.
НИКИМТ	Научно-исследовательский конструкторский институт монтажной техники – предприятие Минатома РФ по разработке и изготовлению оборудования для ликвидации последствий аварий с ЯБП.
Оперативно-тактическая ракета	Ракета, предназначенная для выполнения боевых оперативно-тактических задач на различных театрах военных действий.
ОПМ МИ	Отделение прикладной математики Математического института им. В.А. Стеклова, г. Москва, организованного в 1934 году. Разработка математических проблем, связанных с применением ЭВМ при решении задач науки и техники. Позднее, в 1953 году в на базе ОПМ МИ был организован Институт прикладной математики (ИПМ) им. М.В. Келдыша.
ПГУ	<p>Первое главное управление при Совете Народных комиссаров СССР (Совете Министров). Было создано 30 августа 1945 года постановлением СНК для руководства организацией атомной промышленности, координации научно-технических и инженерных разработок. Начальником ПГУ был назначен Б.Л. Ванников, заместитель председателя Спецкомитета. В состав ПГУ вошли руководители с опытом работы в крупных отраслях промышленности и НКВД. Это, по-видимому, был первый в СССР опыт программно-целевого планирования с комплексной программой, четко координирующей деятельность многих министерств, НИИ, лабораторий.</p> <p>Все работы ПГУ и на предприятиях всех других ведомств для него контролировались Спецкомитетом. В структуру ПГУ входили подразделения по планированию и контролю всех работ как подчиненных ПГУ предприятий, строек и институтов, так и привлеченных организаций, других ведомств и институтов АН СССР. Позднее, в 1949–1953 годах, структура управления атомной промышленностью постепенно совершенствовалась: наряду с ПГУ появились новые управления. В 1953 году ПГУ и вновь возникшие управления были реорганизованы в МСМ – Министерство среднего машиностроения, переименованное впоследствии (с 1989 года) в МАЭП – Министерство атомной энергетики и промышленности, а ныне (с 1992 года) называемое МАЭ или Минатом – Министерство по атомной энергии.</p>
Первичный модуль	(он же первичный инициатор) – ядерный заряд, ядерный взрыв которого, получаемый за счет перевода делящихся активных материалов в надкритическое состояние путем сжатия их энергией ВВ, обеспечивает обжатие и термоядерный взрыв вторичного модуля.
Подвижная ремонтно-техническая база	Подвижные средства обеспечения технического обслуживания ядерных боеприпасов, выполненные в основном на автомобильной базе, оснащенные эксплуатационным оборудованием и контрольно-измерительной аппаратурой, необходимыми для проведения технического обслуживания ядерных боеприпасов в полном объеме в полевых условиях.
Поражающие факторы ядерного взрыва	Совокупность поражающих воздействий ядерного взрыва: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное загрязнение, электромагнитный импульс.
Предетонация	Нежелательное преждевременное инициирование взрывного процесса деления или термоядерного процесса, прежде чем будут достигнуты оптимальные условия. Предетонация обычно приводит к частичному или полному отказу.

Принцип сближения	Объединение (соединение) отдельных подкритических блоков с делящимися материалами.
Продукты взрыва	Вещества и химические соединения, образующиеся в результате взрыва ВВ.
Производственное объединение	Состоит из структурных единиц, осуществляющих различные функции (промышленные, строительные, транспортные и т.п.). В состав ПО могут входить проектно-конструкторские, технологические и другие организации.
Проникающее оружие	Ядерное оружие, предназначенное для прохождения в грунт или через защищенную поверхность перед своим взрывом
Пусковая установка	Установка для выведения носителя ЯБП с позиции боевого дежурства на цель.
Радиационная имплозия	Техника использования излучения ядерного взрыва для обжатия следующей «стадии» (капсулы), содержащей термоядерное горючее.
Радиоактивность	Самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в ядра других элементов, сопровождающееся испусканием частиц или гамма-кванта. Известны четыре типа радиоактивности: альфа-распад, бета-распад, спонтанное деление атомных ядер, протонная радиоактивность.
Ракетный комплекс	Комплекс ракетного оружия, включающего ракету с ядерной или обычной головной частью, пусковую установку, средства наведения на цель, проверочно-пусковое оборудование, средства управления полетом ракеты, транспортные средства и другие устройства.
РГЧ	Разделяющаяся головная часть (типа MRV (MRV) в США).
РГЧ ИН	Разделяющаяся головная часть с индивидуальным наведением боевых блоков на цель (типа MIRV (MIRV) в США).
Ремонтно-техническая база	Ядерно-техническая часть вида Вооруженных Сил или рода войск, осуществляющая эксплуатацию ядерных боеприпасов и их своевременную выдачу войсковым частям, частям боевого применения, а также войсковой ремонт в военное время.
Рентгеновский лазер	Преобразователь энергии в когерентное рентгеновское излучение, характеризующееся высокой направленностью и большой плотностью энергии.
РИАН	Радиовый институт Академии наук им. В.Г. Хлопина. Основан в 1922 году, находится в г. Санкт-Петербурге. Ведет исследования по радиохимии, ядерной физике и радиогеохимии.
Семипалатинский испытательный полигон (он же – Учебный полигон № 2 Министерства обороны)	Был подготовлен к испытаниям в 1949 году. Испытательная площадка расположена в 170 км, жилой поселок в 120 км от города Семипалатинска. Поселок расположен на берегу реки Иртыш на северо-восток от испытательной площадки.
Система автоматики	Совокупность устройств, предназначенных для инициирования ядерного заряда при срабатывании у цели, обеспечения безопасности при эксплуатации ЯБП и исключения преждевременного взрыва при боевом применении ЯБП.
Служба специального контроля	Организационная структура при Министерстве обороны, сложившаяся к началу 60-х годов, занимающаяся регистрацией иностранных ядерных испытаний. В ее функции входили наблюдения, регистрация, сбор данных и анализ воздушных и подземных ядерных испытаний, а начиная с октября 1963 года, – контроль за соблюдением Московского Договора о запрещении испытаний в трех средах.
Специальная приемка (она же – военная приемка)	Особая структурная единица под эгидой Министерства обороны, осуществляющая дополнительный надзор за отработкой, испытаниями и производством ядерных зарядов и ядерных боеприпасов. Подчиняется 12 ГУМО.
Спецкомитет	Специальный комитет, созданный Постановлением ГКО от 20 августа 1945 года для решения любых проблем атомного проекта на государственном уровне (как бы государство в государстве). Спецкомитет был наделен особыми и чрезвычайными полномочиями, контролировал все работы ПГУ.

Стадийность	Техника создания мощного термоядерного взрыва при помощи промежуточных ядерных взрывов с возрастающим энерговыделением.
Стадийный ядерный заряд	Ядерное оружие, в котором энергия первичного источника инициирует взрыв вторичного модуля и следующих стадий.
Тактико-технические требования	Технические требования Министерства обороны – документ, содержащий требования к изделию технического и военного характера.
Тактико-технические характеристики	Документ разработчика изделия, содержащий полученные в результате разработки характеристики изделия военного и технического характера, подтверждающий их соответствие требованиям тактико-технического задания, тактико-технических требований.
Тактико-техническое задание	Техническое задание Министерства обороны, содержащее, кроме требуемых технических параметров изделия, требования военного характера.
Тампер	Плотный металл, окружающий либо ядро из делящихся материалов и отражатель, либо термоядерное топливо. Используется для увеличения энерговыделения за счет увеличения времени горения и замедления разлета системы. Тампер может служить в качестве отражателя нейтронов, а в случае бустированного или термоядерного устройства – как дополнительный материал для деления. Также называется пушером. В термоядерном оружии используются тамперы как из делящихся, так и неделящихся материалов.
Температура зажигания	Температура, при которой потери энергии из плазмы равны притоку энергии в нее за счет термоядерных реакций.
Тепловыделяющий элемент	Важнейший узел ядерного реактора, содержащий делящиеся материалы и обеспечивающий надежный отвод тепла к теплоносителю.
Техническая инспекция	Начальная форма спецприемки, организованная в 1950 году после успешного полигонного испытания РДС-1. В ее функции входило обеспечение контроля за качеством и комплектностью продукции, оформление технической документации на принятие изделия. Присутствовала до 1951 года, когда она была заменена спецприемкой.
Технические требования	Технический документ, в котором сформулированы требования к определенному изделию.
Технические условия	Нормативный технический документ разработчика изделия, устанавливающий комплекс требований к конкретной продукции, ее изготовлению и т.п.
Технические характеристики	Документ разработчика изделия, содержащий полученные в результате разработки характеристики изделия, подтверждающие их соответствие требованиям технического задания (тактико-технического задания), технических требований (тактико-технических требований).
Технический совет	консультативный коллегиальный орган, состоящий из компетентных ведущих специалистов. На техническом совете происходит обсуждение важнейших проблем, принимаются решения, разрабатываются рекомендации для принятия решений на более высоком уровне.
Техническое задание	Документ, предшествующий началу работ, содержащий требуемые технические параметры изделия.
Техническое предложение	Совокупность документов, содержащих принципиальное или окончательное решение, дающее представление об устройстве создаваемого изделия и включающее необходимые обоснования и исходные данные для последующей разработки проекта.
Тритий	Радиоактивный изотоп водорода.
Тротильовый эквивалент взрыва	Энергетическая характеристика ядерного заряда, эквивалентная энергии взрыва определенного количества тротила (тринитротолуола) (кг, т, кт, Мт).

Ударная волна	Распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью тонкая переходная область, в которой происходит резкое увеличение плотности, давления и температуры вещества. Ударная волна ядерного взрыва – один из поражающих факторов ядерного взрыва.
Упрочненная цель	Военная цель, уничтожение которой затруднено по сравнению с другими целями. Цели могут быть упрочнены разными способами против различных поражающих факторов оружия.
Урановая комиссия	Комиссия по проблеме урана при Президиуме АН СССР под председательством академика В.Г. Хлопина. Была образована в 1940 году. Ее задача заключалась в развитии работ по изучению свойств урана и возможности использования его внутриатомной энергии. Фактически эта комиссия стала одним из начальных элементов инфраструктуры, развернутой позже для создания ядерного оружия (ПГУ, МСМ, МАЭП, МАЭ).
ФИАН	Физический институт Академии наук СССР им. П.Н. Лебедева, г. Москва. Организован в 1934 году С.И. Вавиловым. Ведущий физический центр СССР.
Фокусирующая система	Элемент ядерного заряда, предназначенный для преобразования расходящихся детонационных волн, инициируемых электродетонаторами, в одну сферическую сходящуюся волну, формирующуюся в слое основного взрывчатого вещества.
ХФТИ	Харьковский физико-технический институт. Организован в 1928–1929 годах. Ведущий физический центр. На его базе создано несколько учреждений.
ЦАГИ	Центральный аэрогидродинамический институт, г. Москва. Центр имени Н.Е. Жуковского, создан в 1918 году, проводит исследования и разработки по аэро- и гидродинамике в целях практического использования в различных областях техники.
ЦКБМ	Центральное конструкторское бюро машиностроения – новое название ОКБ-52 г. Москва – конструкторское бюро по разработке межконтинентальных баллистических ракет, ранее возглавляемое В.Н. Челомеем.
ЦКБЭМ	Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения – новое название (с 1967 года) ОКБ-1, возглавляемого ранее С.П. Королевым.
Чистое ядерное оружие	Ядерное оружие, в котором после взрыва количество радиоактивных материалов в виде продуктов деления или активированных веществ относительно меньше по сравнению со всеми другими видами устройств, имеющих тот же номер или то же энерговооружение.
Шахтная пусковая установка	Пусковая установка межконтинентальных баллистических ракет, размещаемая в подземном защищенном сооружении (шахте).
Эксплуатация ЯБП	Совокупность технического обслуживания, хранения, транспортирования, подготовки к боевому применению ядерных боеприпасов и пребывания их на боевом дежурстве.
Электродетонатор	Устройство, срабатывающее от воздействия электрического импульса, предназначенное для возбуждения детонации вторичного взрывчатого вещества фокусирующей системы ядерного заряда.
Эффективность сгорания	В термоядерном устройстве – доля ядер, которые прореагировали в термоядерной реакции. Пропорционально произведению плотности термоядерного горючего на время его горения.
ЭХК	Электрохимический комбинат (ЗАО, г. Зеленогорск – Красноярск-45) – предприятие по обогащению U-235 для ядерного оружия.
ЭХП	Электрохимприбор – завод электрохимических приборов (ЗАО, г. Лесной – Свердловск-45) – предприятие по серийному производству ЯБП.

Ядерная взрывобезопасность	Отсутствие или минимизация опасности случайного ядерного взрыва – свойство заряда при всех аварийных ситуациях, приводящих к инициированию ВВ в одной точке, в определенных условиях не выделять дополнительную энергию за счет цепной реакции более определенной величины.
Ядерное испытание	Целенаправленный эксперимент по исследованию ядерного заряда (устройства), как правило, сопровождающийся взрывным выделением ядерной энергии (энергии деления и синтеза ядер).
Ядерный боеприпас	Боеприпас, поражающее действие которого основано на использовании энергии взрыва ядерных зарядов. Ядерный боеприпас состоит из ядерного заряда, системы автоматики и корпуса (отсека-носителя).
Ядерный взрыв	Взрывной процесс освобождения ядерной энергии.
Ядерный заряд	Устройство, в котором осуществляется взрывной процесс освобождения ядерной энергии.
Ядерный заряд на основе имплозии	Вид ядерного оружия, в котором делящийся материал, находящийся в подкритической конфигурации сферического или линейного типа, сжимается радиальным образом в надкритическое состояние ударной волной сферического или цилиндрического типа. Импульсивная ударная волна создается взрывчаткой или другими способами, например, излучением.
Ядро	Делящийся центр ядерного заряда. Может содержать плутоний или оружейный уран или их вместе. Ядро обычно разделено на две «полусферы».

БИБЛИОГРАФИЯ

К главе 1

- В.П. Визгин, «У истоков советского атомного проекта: роль разведки. 1941–1946», Вопросы истории естествознания и техники, № 3, 1992 год.
- А.А. Яцков, «Атом и разведка», Вопросы истории естествознания и техники, № 3, 1992 год.
- «Атомный проект СССР». Том 1, 1938–1945. Часть 1. Под общей редакцией Л.Д. Рябева. Москва, Наука, Физматлит, 1998 год.
- «Атомный проект СССР». Том 1, 1938–1945. Часть 2. Под общей редакцией Л.Д. Рябева. Москва, Наука, Физматлит, 2002 год.

К главе 2

- «Атомный проект СССР». Том 2, 1945–1954. Книга 1. Под общей редакцией Л.Д. Рябева. Москва-Саров, Наука, Физматлит, 1999 год.
- «Государственная система организации ядерных испытаний в СССР». Глава 2 в книге «Ядерные испытания СССР», том 1. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 1997 год.
- «Испытание первой атомной бомбы в СССР». Глава 4 в книге «Ядерные испытания СССР», том 1. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 1997 год.
- The Swords of Armageddon, Chuck Hansen ed., Volume I – Volume VIII, Release 01, October 1995
- Г.А. Гончаров. «Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США». Успехи физических наук, т.166, № 10, 1996 год.
- И.А. Андрюшин. «РДС-6с и распространение идей», 2003 год (не опубликовано)
- И.А. Андрюшин. «Славное десятилетие». Статья в книге «На благо России. К 75-летию академика РАН Ю.А. Трутнева», Саров-Саранск, 2002 год.
- Richard Rhodes. Dark Sun. The Making of the Hydrogen Bomb, Touchstone, New York, 1996.

К главе 3

- «Тоцкие войсковые учения с применением атомной бомбы». Глава 6 в книге «Ядерные испытания СССР», том 1. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 1997 год.
- «Ядерные испытания и создание ядерного оружия СССР». Глава 1 в книге «Ядерные испытания СССР», том 1. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 1997 год.
- The Swords of Armageddon, Chuck Hansen ed., Volume I – Volume VIII, Release 01, October 1995
- И.А. Андрюшин. «РДС-6с и распространение идей», 2003 год (не опубликовано)
- Ю.Б. Харитон, Б.Г. Музруков. «О некоторых перспективных направлениях работ». Опубликовано в книге «На благо России. К 75-летию академика РАН Ю.А. Трутнева», Саров-Саранск, 2002 год.
- Thomas Cochran, Chistopher Paine. The Role of Hydronuclear Tests, NRDC, Washington, 1995.
- «Исследования проблемы ядерной взрывобезопасности. Сравнение программ полигонных испытаний СССР и США по исследованию вопросов ядерной взрывобезопасности». Раздел в главе 4 книги «Безопасность ядерного оружия России». Под редакцией В.Н. Михайлова. Минатом, 1998 год.
- «Военно-политические аспекты ядерных испытаний». Глава 1 в книге «Ядерные испытания СССР», том 3. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 2000 год.
- А.К. Чернышев. «Участие Ю.А. Трутнева в обеспечении ядерного паритета». Статья в книге «На благо России. К 75-летию академика РАН Ю.А. Трутнева». Саров-Саранск, 2002 год.
- «Стратегическое ядерное вооружение России». Под редакцией П.Л. Подвига, Москва, ИздАТ, 1998 год.

- «Ядерное вооружение СССР». Т.Кохран, У.Аркин, Р.Норрис, Дж.Сэндс, Москва, ИздАТ, 1992 год.
- Lorna Arnold. Britain and the H-Bomb. Palgrave, New York, 2001.
- Atomic Audit. Stephen Schwartz, ed., Brookings Institution Press, Washington, 1998.
- Thomas Cochran, William Arkin, Milton Hoenig. U.S. Nuclear Forces and Capabilities. NRDC, Ballinger Publishing Company, Cambridge, 1984.
- Catalog of Worldwide Nuclear Testing. Viktor Mikhailov ed., Begell-Atom, New York, 1999.
- Directory of U.S. Military Rockets and Missiles. <http://www.designation-systems.net/dusrm/>.
- United States Nuclear Forces Guide. <http://www.fas.org/nuke/guide/usa/>.

К главе 4

- «Военно-политические аспекты ядерных испытаний». Глава 1 в книге «Ядерные испытания СССР», том 3. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 2000 год.
- «Стратегические ядерные силы. Договор 1991 года и Договор 1993 года об ограничении и сокращении СНВ». Глава 4 в книге «Ядерные испытания СССР», том 3. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 2000 год.
- И.А. Андрюшин, Ю.А. Юдин. «Ограничения стратегических ядерных вооружений и проблема ревизии Договора 1972 года по ПРО», Саров, 2000 год (не опубликовано).
- А.А. Спивак. «Повышение эффективности контроля за соблюдением Договора о ВЗЯИ», Саров, 2001 год (не опубликовано).
- Atomic Audit. Stephen Schwartz, ed., Brookings Institution Press, Washington, 1998.

К главе 5

- «Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач». Глава 1 в книге «Ядерные испытания СССР». Том 4. Под редакцией В.Н. Михайлова, Саров, 2000 год.
- Ю.А. Трутнев, Ю.Н. Бабаев «О необходимости развертывания работ по изучению возможностей использования атомных и термоядерных взрывов в технических и научных целях». Опубликовано в книге «На благо России. К 75-летию академика РАН Ю.А. Трутнева». Саров-Саранск, 2002 год.
- И.А. Андрюшин. «Славное десятилетие». Статья в книге «На благо России. К 75-летию академика РАН Ю.А. Трутнева», Саров-Саранск, 2002 год.
- Edward Teller. Memoirs. Perseus Publishing, Cambridge, 2001.
- С.А. Холин. «Фундаментальные исследования в подземных ядерных испытаниях». Саров, 2001 год (не опубликовано).
- «Физика ядерного взрыва. Том 1. Развитие взрыва». Под редакцией В.М. Лоборева, Москва, Наука, 1997 год.
- «Физика ядерного взрыва. Том 2. Действие взрыва». Под редакцией В.М. Лоборева, Москва, Наука, 1997 год.

К главе 6

- «Атомный проект СССР». Том 2, 1945–1954. Книга 2. Под общей редакцией Л.Д. Рябева. Москва-Саров, Наука, Физматлит, 2000 год.
- «Атомный проект СССР». Том 2, 1945–1954. Книга 3. Под общей редакцией Л.Д. Рябева. Москва-Саров, Наука, Физматлит, 2002 год.
- В.И. Ветров, В.В. Кротков, В.В. Куниченко. «Сырьевая отрасль ядерной индустрии». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Д.И. Скороваров. «ВНИИ химической технологии». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В.В. Брохович, А.К. Круглов, В.И. Фетисов. «ПО Маяк». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В.М. Кондаков. «Сибирский химический комбинат». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Г.К. Добрынских, П.В. Морозов. «Красноярский Горно-химический комбинат». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.

- Ю.Л. Голин, Ю.П. Забелин, И.С. Израилевич и др. «Уральский электрохимический комбинат». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В.П. Шопен, А.Т. Шулешко. «Становление и развитие Ангарского электролизного химического комбината». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- А.К. Денисов. «Кирово-Чепецкий химический комбинат». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В.Л. Афанасьев, П.П. Игнатьев, А.С. Жуков, В.Ф. Кириндас. «Сибирь – топливная база ядерной энергетики». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- К.Я. Егоров, В.А. Межуев. «Завод № 12 – Машиностроительный завод». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Н.А. Ганза, В.П. Бенкевич, С.В. Головин, С.М. Марченко. «ПО Чепецкий механический завод». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Е.К. Дудочкин, Б.В. Горобец, Л.И. Надпорожский, Л.А. Петухов. «Производство ядерных боеприпасов». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Ю.К. Завалишин. «Объект 551», Саранск, 1996 год.
- Л.И. Надпорожский, Л.А. Поляков, А.В. Митюков. «Электрохимприбор». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- А.В. Долинин, Л.П. Щедрин. «Приборостроительный завод, г. Трехгорный». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- М.В. Проценко, И.С. Ушаков, Л.В. Кетенин, А.А. Есин. «ПО Старт». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- А.А. Римский-Корсаков, Е.И. Ильенко, Е.В. Королев и др. «НПО Радиевый институт имени В.Г. Хлопина». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- М.И. Солонин, Н.Т. Чеботарев. «ВНИИ неорганических материалов». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Ядерный центр России – Саров. Под редакцией Р.И. Илькаева, Саров-Саранск, 2001 год.
- Е.М. Бершак, А.И. Веретенников, В.Н. Михайлов. «НИИ импульсной техники». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В.Е. Костюков, В.А. Рязанцев, Н.З. Тремасов и др. «Образование и становление НИИ измерительных систем». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В главе 6 были использованы материалы, содержащиеся на Интернет-страницах различных организаций, входящих в состав Минатома России.

К главе 7

- Н.Н. Пономарев-Степной, И.Н. Головин, Л.Л. Соколовский. «От Лаборатории № 2 до Курчатовского института». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- В.К. Уласевич, А.Д. Жирнов, В.И. Михан, К.К. Полушкин. «Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- Б.Ф. Громов, О.Д. Казачковский, Л.А. Кочетков, М.Ф. Троянов. «Лаборатория «В» – ГНЦ «Физико-энергетический институт» имени А.И. Лейпунского и этапы его деятельности». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.
- А.М. Петросьянц, В.Б. Иванов, В.А. Цыканов и др. «НИИ атомных реакторов». Статья в книге «Ядерная индустрия России». Под редакцией А.М. Петросьянца, Москва, Энергоатомиздат, 2000 год.

- И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. «Мир без ядерного оружия на фоне перспектив развития ядерной энергетики». Доклад на семинаре по проекту МНТЦ № 656, Москва, 2002 год.
- «Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. Основные положения». Минатом России, 2000 год.
- «Россия придает большое значение перспективным вопросам обращения с ОЯТ». Доклад министра РФ по атомной энергии А.Ю. Румянцева на 46-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ, Вена, 2002 год.
- «Ядерный топливный цикл». Научная конференция Минатома, Россия, Москва, 2001 год.
- В главе 7 были использованы материалы, содержащиеся на Интернет-страницах различных организаций, входящих в состав Минатома России.

К главе 8

- «Концепция национальной безопасности Российской Федерации», Москва, 2000 год.
- «Военная доктрина Российской Федерации», Москва, 2000 год.
- Robert S. Norris, William M. Arkin, Hans M. Kristensen, and Joshua Handler. NRDC Nuclear Notebook: Russian Nuclear Forces, 2002. 2002, <http://www.thebulletin.org/>.
- Charles Ferguson. Mini-Nuclear Weapons and the U.S. Nuclear Posture Review. Center for Nonproliferation Studies of the Monterey Institute of International Studies, Washington, 2002
- 2002 Nuclear Posture Review. [Excerpts]. <http://www.globalsecurity.org/wmd/library/policy/dod/npr.htm>.
- Robert S. Norris, William M. Arkin, Hans M. Kristensen, and Joshua Handler. NRDC Nuclear Notebook: U.S. Nuclear Forces, 2001. <http://www.thebulletin.org/>.
- Нераспространение оружия массового уничтожения. Декларация «Группы восьми». Эвиан, Франция, 2003 год. <http://www.mid.ru/>
- Глобальное партнерство против распространения оружия и материалов массового уничтожения. План действий «Группы восьми». Эвиан, 2003 год. <http://www.mid.ru/>
- Index of Major U.S. Nonproliferation Programs. <http://www.armscontrolcenter.org/>
- И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. «Новые реальности ядерного мира». Доклад на семинаре по проекту МНТЦ № 656, Комо, Италия, 2003 год.
- И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. «Безъядерный мир: стал ли он ближе в начале XXI века». Доклад на семинаре по проекту МНТЦ № 656, Комо, Италия, 2003 год.
- И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. «Угрозы глобальных конфликтов». Доклад на семинаре по проекту МНТЦ № 656, Москва, 2002 год.
- И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин. «Новые реальности ядерного мира». Доклад на семинаре по проекту МНТЦ № 656, Комо, Италия, 2003 год.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

АНДРЮШИН Игорь Алексеевич родился в 1944 году. Окончил физический факультет Ленинградского государственного университета. Физик-теоретик, начальник лаборатории РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор технических наук, лауреат Государственной премии Российской Федерации. Специалист в области разработки ядерного оружия и вопросов контроля ядерных вооружений. Соавтор и редактор ряда книг по истории ядерного оружейного комплекса СССР, в том числе книг «Ядерные испытания СССР», тома 1–4, «Безопасность ядерного оружия России».

ЧЕРНЫШЕВ Александр Константинович родился в 1945 году. Окончил физический факультет Ленинградского государственного университета. Физик-теоретик, заместитель научного руководителя РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор физико-математических наук, лауреат Государственной премии. Специалист в области технологии ядерных испытаний. Соавтор и редактор ряда книг по истории ядерного оружейного комплекса СССР, в том числе книг «Ядерные испытания СССР», тома 1–4, «Безопасность ядерного оружия России».

ЮДИН Юрий Александрович родился в 1964 году. Окончил Московский инженерно-физический институт. Физик-теоретик, директор Аналитического центра по проблемам нераспространения, лауреат премии Правительства Российской Федерации. Специалист в области нераспространения и вопросов контроля ядерных вооружений. Соавтор и редактор ряда книг по истории ядерного оружейного комплекса СССР, в том числе книг «Ядерные испытания СССР», тома 3–4, «Ядерный центр России – Саров».